DIGITALES AUDIO ANALYSE SYSTEM

Version 3 L+ DPMI 32 Bit

Benutzerhandbuch

adm engineering
Steinmaate 24
Germany
http://home.t-online.de/home/adm.engineering
eMail: adm.engineering@ t-online.de
☎ *++49 59 21 72 10 00*
++49 59 21 72 10 01

Vorbemerkung

Hardware und Software des Digitalen Audio Analyse Systems DAAS 3L+ wurden bei adm engineering, Nordhorn, entwickelt und produziert.
Der rechtmäßige Erwerb des Digitalen Audio Analyse Systems erlaubt die Nutzung der mitgelieferten Software. Kopien dieser Software dürfen lediglich für Archivzwecke angefertigt werden. Jede Vervielfältigung der Software, des Handbuchs oder der Systemhardware wird strafrechtlich verfolgt. Nachdruck oder Veröffentlichung des Handbuchs oder Teilen des Handbuchs sind nur mit ausdrücklicher schriftlicher Zustimmung von adm engineering zulässig.
adm engineering übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit des Inhalts dieses Handbuches. adm übernimmt weiterhin keine Gewähr dafür, daß die zum System gehörende Software fehlerfrei ist. Für Hinweise auf Fehlfunktionen sind wir jederzeit dankbar. Wir werden bemüht sein, einen Mangel möglichst umgehend zu beseitigen.
adm engineering übernimmt keine Gewähr dafür, daß das Digitale Audio Analyse System DAAS 3L+, bestehend aus Software, Hardware und Handbuch, für spezielle Zwecke immer geeignet sein muß. Jede Haftung für irgendwelche Schäden materieller oder ideeller Art, die aus dem Einsatz des Digitalen Audio Analyse Systems herrühren, ist ausgeschlossen.
In diesem Handbuch wird auf einige geschützte Warenzeichen Bezug genommen, die innerhalb des Textes nicht mehr ausdrücklich gekennzeichnet sind. Aus dem Fehlen einer Kennzeichnung kann nicht geschlossen werden, daß der entsprechende Produktname frei von Rechten Dritter ist.

MS-DOS und WINDOWS sind geschützte Warenzeichen von Microsoft Corporations
DR-DOS ist ein geschütztes Warenzeichen von Digital Research
IBM PC, XT, AT, PC-DOS und OS/2 sind geschützte Warenzeichen von IBM (International Business Machines)

EMV-Gesetz/CE-Kennzeichnung

Die folgenden Hinweise sind nur für den Betrieb innerhalb der EG zu beachten. Bei Betrieb des Digitalen Audio Analyse Systems außerhalb der EG sind sie bedeutungslos.

Konformitätserklärung

Ab 1996 ist innerhalb der EG die Einhaltung der EMV-Gesetze und -Richtlinien Pflicht, und durch eine CE-Kennzeichnung der Produkte zu dokumentieren. Das DAAS 3L+ entspricht den Schutzanforderungen, die in der Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der EG-Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit (89/336/EWG) festgelegt sind, unter folgenden Bedingungen:

- Alle nicht benutzten Ein- und Ausgänge sind immer mit den mitgelieferten Schutzsteckern bzw. Schutzkappen zu versehen
- Alle beteiligten Geräte wie Meßobjekt, Mikrophon, Meßverstärker Computer, Monitor usw. müssen ebenfalls mit der CE-Kennzeichnung versehen sein
- Nur doppelt geschirmte Leitungen mit Vollmetallsteckern, die EMV- und ESD-fest sind, verwenden
- Die Innenleiter der Ein- und Ausgängsleitungen dürfen an keiner Stelle freiliegen
- Der mitgelieferte Ferritkern muß auf der Mikrophonleitung (direkt am Cinchstecker, der in das DAAS 3L+-Wandlerboard gesteckt wird) befestigt werden (Rastverschluß)
- Werden Leitungen länger als 0,5 Meter verwendet, sind auch diese an der Wandlerboardseite mit Ferritkernen zu versehen. Die Ferritkerne sind bei Ihrem Distributor erhältlich.
- Nach Einbau der Wandlerkarte (oder auch bei Wechsel der Festplatte, beim Aufrüsten des Speichers etc.) kann eine erneute Prüfung des Computers auf Einhaltung des EMV-Gesetzes erforderlich sein.

Inhaltsübersicht

1 Allgemeines 6
1.1 Vorwort 6
1.2 Einführung in die Arbeitsweise des Systems 7
1.3 Fragen, Probleme und technische Beratung 11
2 Installation und Start 12
2.1 Einbau der ADC/DAC-Karte 12
2.2 Installation der Software 12
2.3 Start 13
2.4 Bedienung des Digitalen Audio Analyse Systems 14
3 Messungen 16
3.1 Frequenzgangmessung 16
3.1.1 Phasengang 23
3.1.2 Minimalphase 24
3.1.3 Gruppenlaufzeit 24
3.1.4 Sprungantwort 25
3.1.5 Freifeldkorrektur 26
3.1.6 Wasserfallspektrum 30
3.1.7 Wichtige Anmerkungen zur akustischen Frequenzgangmessung 32
3.1.8 Export 33
3.2 Verzerrungen 34
3.2.1 Klirrfaktor 34
3.2.2 Klirrfaktorkurve 38
3.2.3 Intermodulationsfaktormessung 40
3.3 Impedanzmessung 41
3.3.1 Induktivität und Kapazität 45
3.3.2 Datenexport 46
3.4 Thiele Small Parameter 46
3.4.1 Hilfreiche Hinweise zur Thiele-Small-Parameter-Messung 48
3.4.2 VAS-Messung 48
3.5 Pegelmessung 49
3.6 Oszilloskop 52
3.7 Spektrumanalysator 55
3.7.1 Frequenzgangmessung fast in Echtzeit 57
3.8 Nachhallzeit RT60 61
4 Signal Player 64
5 Messungen mit erhöhter Frequenzauflösung 66

6 Laden und Speichern von Signalen 67
7 Bildschirmausdruck 68
8 Macrorekorder 69
9 Parameter 70
9.1 Einstellung der Parameter für die Frequenzgangmessung 72
9.2 Einstellung der Testsignale und Dateipfade 75
9.3 Einstellung der Bildschirmfarben 77
9.4 Einstellung der Systemparameter 78
9.5 Kalibrierung 81
10 Technische Daten DAAS 3L+ 82
10.1 ADC-/DAC-Wandlerkarte 82
10.2 Software DAAS 3L+ 83
11 Systemvoraussetzungen 85
12 Wichtige Schutzvorkehrungen und Betriebshinweise 86

1 Allgemeines

1.1 Vorwort

Der Grundgedanke des Digitalen Audio Analyse System war, ein kostengünstiges PC-gestütztes System zur Messung von Frequenzgängen in der Elektroakustik zu schaffen. Aus der Grundkonzeption des Systems mit Abtastung / Analog-Digital-Konverter und Auswertung unter Anwendung der digitalen Signalverarbeitung ergaben sich derart viele Anwendungsbereiche, so daß das Meßsystem DAAS 3L+ in seiner heutigen Form entstand.
Trotz der vielen Analysemöglichkeiten eines einmal abgetasteten Signals steht nicht das auszuwertende Signal im Vordergrund, sondern die Messung. Das bedeutet, daß der Benutzer, der Lautsprecher und -boxen entwickelt oder einen Verstärker testen will, vom System bis zum Ergebnis durch die Messung geführt wird, er also bei der Anwendung des Digitalen Audio Analyse Systems keine Kenntnisse in der digitalen Signalverarbeitung benötigt. Alle wichtigen Parameter wie Fensterfunktion und Mittelungszeiten werden automatisch auf die jeweilige Messung optimal eingestellt. Dem, der tiefer einsteigen will, ist die Möglichkeit gegeben, über die Funktionen "Spektrumanalysator" und "Speicheroszilloskop" sowie über die Einstellung der Systemparameter zu experimentieren und das System auch in anderen Gebieten wie z.B. der Schwingungsanalyse einzusetzen.

Diese neue Version DAAS 3L+ umfaßt sehr viele nützliche und wichtige Funktionen und Leistungsmerkmale:

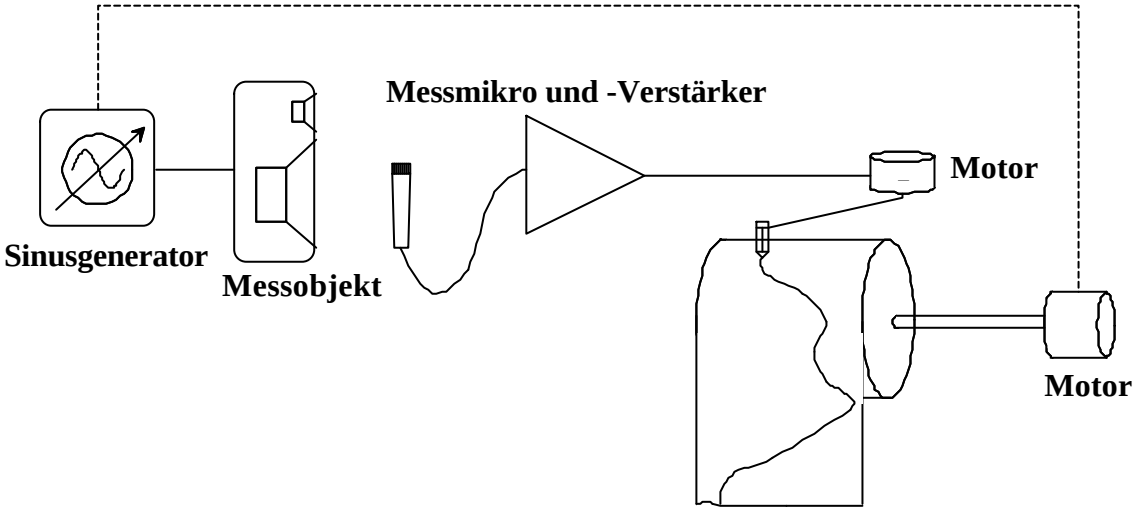
- Signalerzeugung und Messung über 16 Bit Digital/Analog- und Analog/Digital-Konverter,
- Abtastraten bis 64 kHz,
- Messung von Frequenz- und Impedanzgängen mit variabler Frequenzauflösung,
- Berechnung der Phase von Frequenz- und Impedanzgängen, mit automatischer Laufzeitkorrektur bei akustischen Messungen,
- Berechnung der Sprungantwort und des Wasserfallspektrums (kumulatives Zerfallspektrum) elektroakustischer Übertragungssysteme (Lautsprecher),
- Freifeldkorrektur bei akustischen Frequenzgangmessungen,
- Klirrfaktormessungen mit nahezu beliebigen Frequenzen,
- Ermittlung von Klirrfaktorkurven vs. Frequenz,
- Messung von Intermodulationsverzerrungen mit variablen Frequenzen,
- Messung von frequenzselektiven Nachhallzeiten,
- Ermittlung der Thiele Small Parameter einschließlich Äquivalentvolumen,
- Maximale Frequenzauflösung etwa 0,5 Hz,

- Anbindung an die Lautsprecher CAD Programme AudioCad, CALSOD und AkAbak.

Beim Messen mit dem DAAS 3L+ werden Ihnen eine Reihe nützliche und einfach zu bedienende Funktionen wie z.B. der Bildschirm-Zoom oder die Möglichkeit, Frequenz- und Impedanzgangkurven übereinander zu legen, helfen.

1.2 Einführung in die Arbeitsweise des Systems

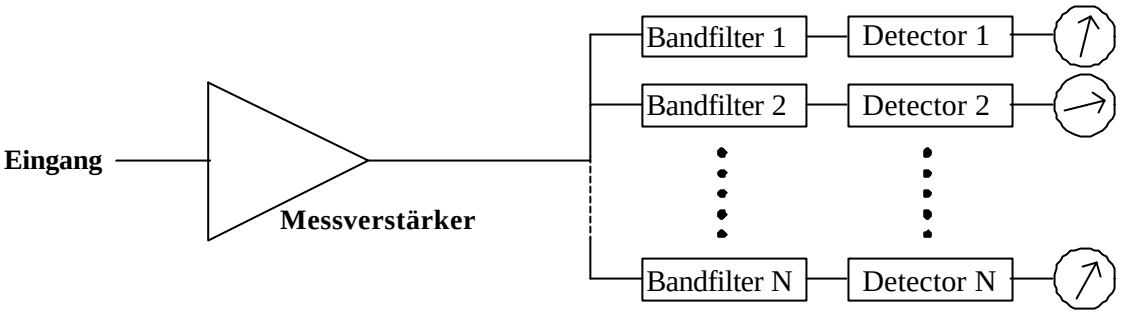
Die Arbeitsweise des Digitalen Audio Analyse Systems soll in diesem Kapitel am Beispiel der Frequenzgangmessung näher erläutert werden.
Prinzipiell gibt es drei Verfahren zur Bestimmung von Frequenzgängen.
Das einfachste und älteste Verfahren ist das "Durchwobbeln" des Meßobjekts. Man legt einen Ton bekannter Frequenz und Amplitude an den Eingang und mißt den Pegel am Ausgang mit einem Pegelmesser bzw. Voltmeter oder Pegelschreiber. Nun kann man dann durch Division des am Ausgang des Meßobjekts gemessenen Pegels durch den (bekannten) Generatorpegel punktuell den Frequenzgang bestimmen.
Um ein komplette Kurve zu erhalten, sind aber eine Vielzahl von Einzelmessungen erforderlich.



Bei Verwendung eines Pegelschreibers kann man die Meßfrequenz des Tons kontinuierlich hochfahren und erhält (bei entsprechender Kalibrierung des Papiervorschubs) eine kontinuierliche Kurve.
Schaltet man zwischen Pegelschreiber und Mikrophon ein Bandpassfilter, dessen Mittenfrequenz synchron mit der Generatorfrequenz geändert wird, kann man in gewissen Grenzen Raumreflektionen ausblenden, d.h. in geschlossenen Räumen den

Freifeld-Frequenzgang messen. Allerdings reduziert sich wegen des Zusammenwirkens von Signallaufzeit und Bandbreite verbunden mit der Einschwingzeit des Mitlauffilters die Frequenzauflösung. Dieses Verfahren ist unter dem Namen "TDS" bekannt.

Erheblich besser und schneller ist die Anwendung von Filterbänken. Das Meßgerät besteht aus einer Anzahl parallel geschalteter Filter mit jeweils unterschiedlichen Mittenfrequenzen und nachgeschalteten Meßinstrumenten.

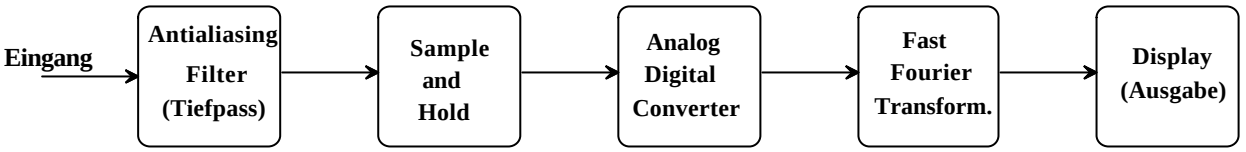


Werden die Mittenfrequenzen so gewählt, daß die Durchlaßbereiche unmittelbar aneinandergrenzen, zeigen die Meßinstrumente das Spektrum an.
Mit einem derartigen Meßgerät kann der gesamte Frequenzgang eines Vierpols, also z.B. eines Lautsprechers oder eines Verstärkers, mit nur zwei Messungen bestimmt werden. Das Meßobjekt (z.B. ein Lautsprecher) wird mit einem Meßsignal gespeist, daß im interessierenden Frequenzbereich alle Frequenzen gleichzeitig enthält. Ein geeignetes Meßsignal ist Weißes oder Rosa Rauschen. Nun wird das Spektrum am Eingang des Meßobjekts gemessen (Referenzmessung), und anschließend am Ausgang. Durch Division des am Ausgang gemessenen Spektrums durch das Referenzspektrum kommt man dann zum gesuchten Frequenzgang.

Weiterhin sind auch selektive Messungen (Messungen einzelner Frequenzbänder) möglich, mit deren Hilfe z.B. Klirrfaktoren ermittelbar sind. Pegelbewertungen wie z.B. die A-Bewertung - dB(A) - sind ebenfalls einfach zu realisieren.
Allerdings sind für eine hohe Frequenzauflösung auch eine entsprechend hohe Anzahl Filter erforderlich.
Diese Filter - speziell schmalbandige - sind teuer.
Typische Parallelfilteranalysatoren enthalten 32 Bandfilter mit Bandbreiten von jeweils 1/3 Oktav = Terz.

Die Computer-Technik hat es durch die Leistungssteigerung in den letzten Jahren ermöglicht, einen weiteren Analysatortyp kostengünstig zu realisieren: den FFT-Analysator. Dieser Analysatortyp basiert auf einem mathematischen Algorithmus, der Tausende parallel geschalteter Filter simuliert.

Durch diesen "Trick" wird der Hardwareaufwand der Parallelfilter auf die Umsetzung des Signals in ein vom Rechner lesbares, digitales Format reduziert: den Analog-Digital-Konverter.



Die Bestimmung von Frequenzgängen erfolgt hier wie beim Parallelfilteranalysator durch Messung des Spektrums am Eingang (Referenzmessung) und am Ausgang des Meßobjekts mit anschließender Division.
Ist das Spektrum des verwendeten Testsignals bekannt, würde theoretisch eine Messung am Ausgang des Meßobjekts zur Bestimmung des Frequenzgangs genügen. Da aber Verstärker mit variabler Verstärkung und Filter hinter dem Signalgenerator (Digital-Analog-Wandler) geschaltet sind, wird mit dem Digitalen Audio Analyse System vor einer Meßreihe immer eine Referenzmessung durchgeführt, d.h. das Signal am Eingang des Meßobjekts gemessen.

Die Frequenzauflösung - Anzahl Filter beim Parallelfilteranalysator - wird nur durch die Rechenkapazität des Computers und durch den verfügbaren Speicher begrenzt.

Ein zusätzlicher Signal- bzw. Rauschgenerator ist nicht erforderlich. Die wichtigsten Testsignale für die verschiedenen Messungen stellt der Digitalen Audio Analyse System über Digital/Analog-Wandler:

- Rosa Rauschen, Weißes Rauschen, eine Maximum-Length-Sequenz (MLS genannt) sowie ein Gleitsinus zur Messung von Frequenz- und Impedanzgängen.
- Sinus beliebiger Frequenz für Klirrfaktormessungen,
- Kombinationen von Sinustönen für Intermodulationsfaktormessungen,
- Tonfolge für die Aufnahme einer Klirrfaktorkurve,
- spezielle PN-Sequenz für Frequenzgangmessungen mit dem Spektrum-analysator.

Weitere Signale können auf Wunsch angefordert oder selbst generiert werden.

Ein mit dem Analog-Digital-Konverter digitalisiertes Signal läßt sich nach nahezu beliebigen Gesichtspunkten untersuchen:

- Zeitverhalten

- Schaltverhalten und -vorgänge
- Ein- und Ausschwingvorgänge (z.B. Thiele Small Parameter)
- Echteffektivwertbestimmung nichtsinusförmiger Signale
- Analyse transienter Vorgänge (einmalige Ereignisse)

u.v.m..

Durch Berechnung des Spektrums mit Hilfe des Algorithmus von Herrn Baron Fourier (Fourier Transformation, hier: Fast Fourier Transformation FFT) können Auswertungen im Frequenzbereich vorgenommen werden:

- Frequenz- und Phasengang / Übertragungsfunktion
- Sprungantwort / Impulsantwort
- Wasserfallspektren
- Korrelationsanalyse
- Impedanz nach Betrag und Phase
- Klirranalyse (Harmonic Distortion), Intermodulation,
- Analyse AM/FM (Modulation)
- Rausch- und Schalldruckpegelmessungen mit verschiedenen Bewertungskurven
- allgemeine Spektralanalyse mit verschiedenen Bewertungsfenstern und Auflösungen

u.v.m..

Liegen die Signale erst einmal in digitaler (abgetasteter) Form im Speicher des Rechners, gibt es fast keine Auswertung, die nicht durch eine Softwareerweiterung implementiert werden kann.

1.3 Fragen, Probleme und technische Beratung

Wenn bei auftretenden Problemen oder Fragen das Handbuch oder die auf den Originaldisketten befindliche Datei "README.DOC" nicht weiterhelfen können und/oder Sie technische Beratung brauchen, wenden Sie sich bitte an Ihren Distributor. Halten Sie bitte folgende Informationen bereit:

- Versionsnummer (Die Versionsnummer wird über [Alt]+[i] im Hauptmenü bzw. durch Anklicken des entsprechenden Feldes mit der linken Maustaste angezeigt),
- Betriebssystem und Versionsnummer,
- ggf. Hardwareausstattung des Rechners,
- Inhalt von "AUTOEXEC.BAT" und "CONFIG.SYS", ggf Einstellungen im BIOS-SETUP des Rechners (IO-Waitstates, Bustakt usw.).
- bei Problemen mit Meßergebnissen immer alle beteiligten Signale auf Diskette kopieren und mit einschicken (d.h. bei Frequenz- und Impedanzgang auch die Signale der Referenzmessungen!).

2 Installation und Start

2.1 Einbau der ADC/DAC-Karte

Schalten Sie bitte Ihren Computer ab und trennen Sie ihn vom Netz. Danach können Sie das Rechnergehäuse öffnen (näheres hierzu finden Sie im Benutzerhandbuch Ihres Computers). Bevor Sie die ADC/DAC-Karte aus der Schutzhülle nehmen, berühren Sie bitte mit der Hand einen geerdeten Punkt (z.B. einen Heizkörper), um möglicherweise vorhandene statische Aufladung abzuleiten. Suchen Sie für die ADC/DAC-Karte einen 16 Bit-Erweiterungssteckplatz auf der Hauptplatine Ihres Rechners aus, der möglichst weit von anderen Steckkarten entfernt ist. Gut geeignet ist der letzte Steckplatz im Gehäuse, also der direkt an der Gehäusewand. Entfernen Sie das zum Steckplatz gehörende an der Rückwand des Rechners befindliche Slotblech. Danach können Sie die ADC/DAC-Karte in den Erweiterungssteckplatz einsetzen und das an der Karte befindliche Slotblech an der Rückwand des Rechners befestigen. Achten Sie bitte auf korrekten und festen Sitz der Karte, sowie auf eine ordnungsgemäße Verschraubung des Slotbleches. Fehler bei der Installation können Ihren Rechner und die DAAS - PC - Einsteckkarte beschädigen! Für unsachgemäßen Einbau sowie unsachgemäße Handhabung bei der Installation übernimmt adm keine Gewährleistung! Weiterhin kann die Garantie des Rechners erlöschen. Lassen Sie im Zweifelsfalle die Einsteckkarte von einem Fachmann (z.B. einschlägiger Fachhandel) in Ihren Rechner einbauen.
Schließen Sie nun das Computergehäuse wieder. Schalten Sie den Rechner ein und prüfen Sie, ob er korrekt bootet. Sollte dies nicht der Fall sein, prüfen Sie bitte noch einmal, ob alle Erweiterungskarten und Stecker/Kabel richtig in den Steckern sitzen. Ist augenscheinlich alles in Ordnung, und der Computer bootet immer noch nicht, ziehen Sie bitte einen Fachmann zu Rate. Ev. Tips für spezielle PC - Hardware finden Sie in den Readme - Files.
Jede ADC/DAC-Karte ist vor Auslieferung auf Funktion geprüft worden. Es sollte daher zuerst geprüft werden, ob ein Adress-Konflikt mit einer anderen Erweiterungskarte aufgetreten ist. Die ADC/DAC-Karte belegt bei Lieferung die IO-Adressen 358 Hex bis 35F Hex. Die Vorgehensweise einer Änderung der IO-Adressen ist im Kapitel 9.4 beschrieben.

2.2 Installation der Software

Installieren Sie das Digitale Audio Analyse System mit "INSTALL.EXE". Dieses Programm richtet das Digitale Audio Analyse System auf Ihrer Festplatte ein.

Wechseln Sie auf das Laufwerk mit der Installationsdiskette mit

A: [Enter] bzw. B: [Enter].

Starten Sie die Installation mit

Install [Enter].

Sollte Ihr Computer mit einem Monochrom-Bildschirm ausgestattet sein (z.B. Laptop), können Sie die Installation mit "Install /b" starten.

Wählen Sie mit [F2] das Festplattenlaufwerk, auf dem das Digitale Audio Analyse System installiert werden soll, und starten Sie die Installation mit [F1].

Lesen sie bitte die auf der Installationsdiskette befindliche Datei "README.DOC" (nach Start von INSTALL.EXE die Funktionstaste [F3] für "Readme-File lesen" betätigen)! Sie enthält Informationen, die im Handbuch nicht mehr aufgenommen werden konnten.

2.3 Start

Wählen Sie zum Start des Digitalen Audio Analyse Systems das Verzeichnis, in das Sie das DAAS installiert haben, mit dem Kommando

CD \DAAS [Enter]

an. Starten Sie das Digitale Audio Analyse System mit dem Kommando

DAAS3L [Enter].

Ist Ihr Rechner mit einer VESA-kompatiblen Grafikkarte ausgestattet, können Sie DAAS 3L+ auch mit höherer Bildschirmauflösung (800x600 und 1024x768 Punkte) mit dem Kommando

DAAS3L /800 [Enter]

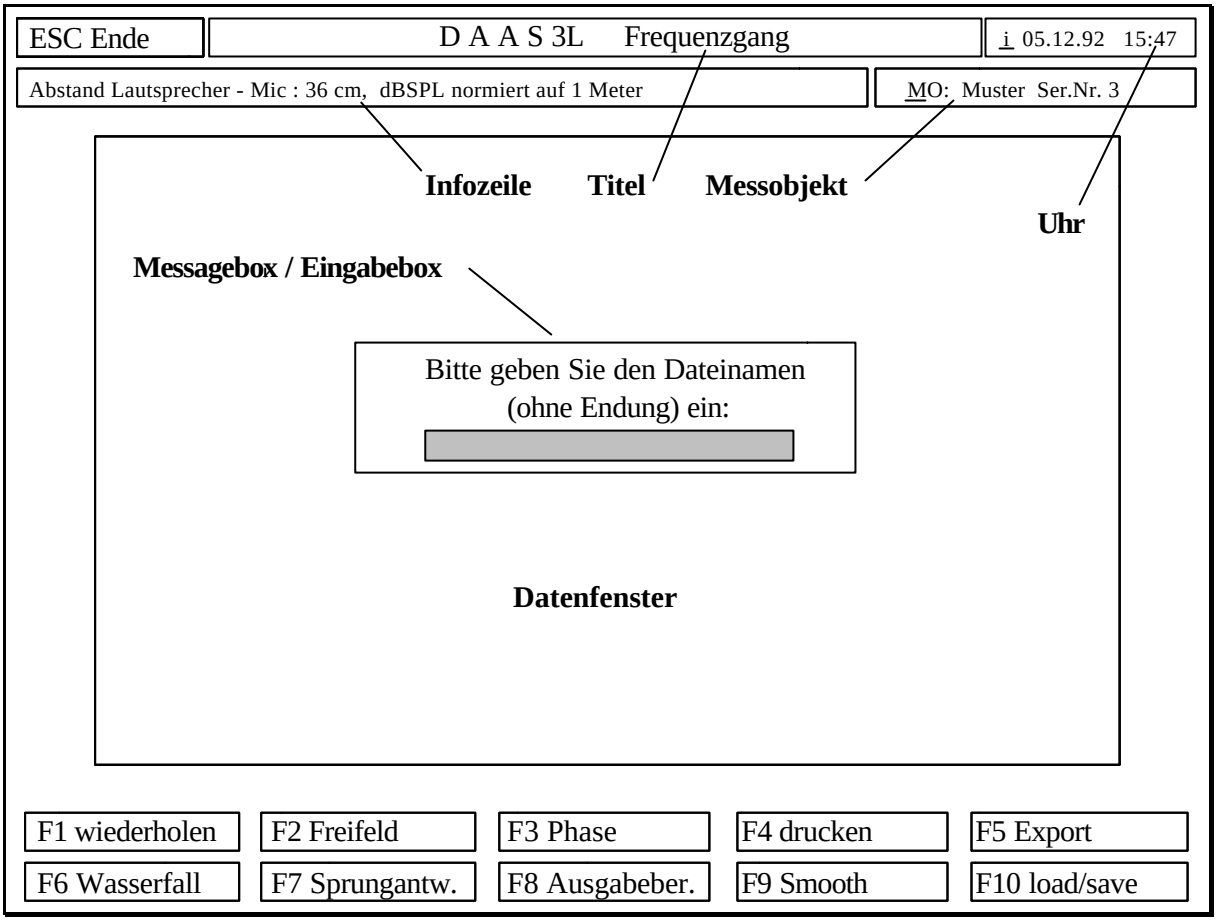
bzw.

DAAS3L /1024 [Enter]

starten.

2.4 Bedienung des Digitalen Audio Analyse Systems

Die Benutzeroberfläche des DAAS 3L+ ist vollständig funktionstastengesteuert bzw. mausgesteuert.
Die nachfolgende Abbildung zeigt die verschiedenen Bereiche der Bildschirmdarstellung:



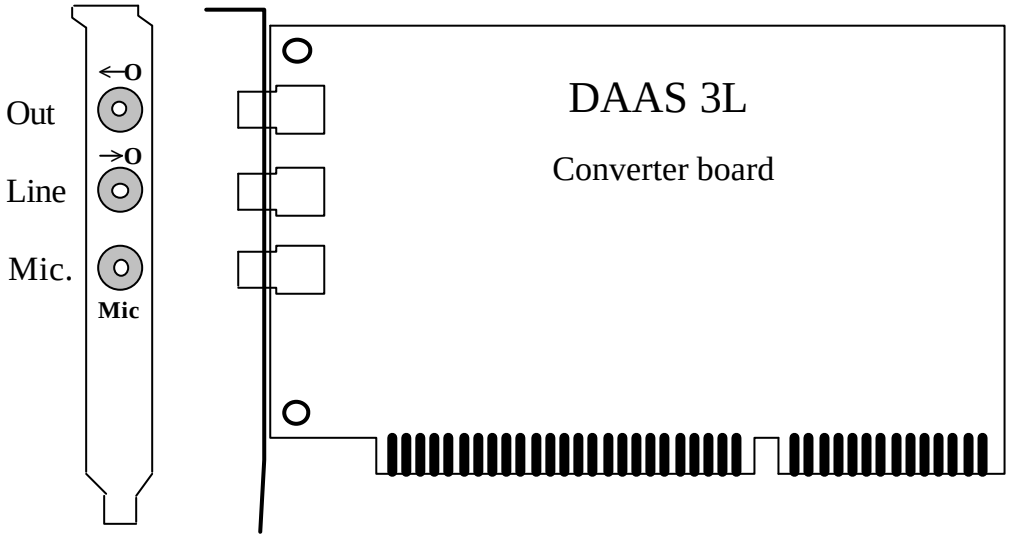
In der ersten Zeile befinden sich die Felder mit der ESC-Taste, die Uhr und der Titel. Die ESC-Taste ist immer mit "Abbruch" zum Abbrechen einer Aktion oder mit "Ende" zum Beenden einer Messung oder des Programms belegt. In der Titelzeile wird die angewählte Messung angezeigt, im Feld "Uhr" das Datum und die Uhrzeit. Das Feld "Meßobjekt" zeigt die ersten 11 Buchstaben des Meßobjektherstellers und die ersten 11 Buchstaben der Meßobjektbezeichnung an. Drücken Sie zur Eingabe der Meßobjektdaten die Tastenkombination [Alt]+[M] oder betätigen Sie im Feld "Meßobjekt" die linke Maustaste. In der Info-Zeile werden zusätzliche Informationen, Abfragen und Berechnungsergebnisse ausgegeben.

Im Datenfenster werden die gemessenen bzw. berechneten Kurven dargestellt. Drücken Sie die rechte Maustaste, um aus Frequenzgangdiagrammen, aus

Impedanzgangkurven und im Oszilloskop-Betrieb Werte auszulesen. Schieben Sie die Maus bei gedrückter rechter Mautaste zur gewünschten Position. Die Frequenz- bzw. Zeitwerte sowie die Ordinatenwerte an Maus-Cursor-Position werden oben links im Datenfenster angezeigt.
Im Datenfenster können auch Beschriftungen eingefügt werden. Bewegen Sie hierfür den Mauszeiger auf die gewünschte Position, und klicken Sie dann mit der linken Maustaste. Geben Sie nun den Text ein. Nach Abschluß der Texteingabe mit [Return] bzw. [Enter] erscheint der Text an der vorher bestimmten Position.

Unten in der Bildschirmdarstellung befinden die Funktionstasten F1 bis F10. Mit ihnen wird das Programm vollständig gesteuert.
Alle Tastendrücke können auch mit einer Maus durchgeführt werden. Bewegen Sie hierfür den Mauszeiger in das entsprechende Feld der Funktionstaste und betätigen Sie die linke Maustaste.

In der Mitte der Bildschirmdarstellung erscheinen im Verlauf der Arbeit mit dem Digitalen Audio Analyse System Messageboxen und Eingabeboxen. Sie enthalten während des Meßablaufs Aufforderungen und Hinweise, Warnungen und Meßergebnisse. Weiterhin erfolgen hier auch Eingaben wie Meßobjektbezeichnung oder Dateinamen.



Das Wandlerboard hat zwei Eingänge und einen Signalausgang. Am Mikrophoneingang (Symbol "Mic.") wird das mitgelieferte Meßmikrophon angeschlossen. Der maximale Schalldruck beträgt bei Verwendung des mitgelieferten Meßmikrophons ±2 Pa und ±8 Pa.

Der Eingang "Line" (Symbol "L" oder "→O") ist der Meßeingang für alle elektrischen Messungen. Es stehen die drei Meßbereiche ±0.2 V, ±2 V und ±20 V zur Verfügung.

Alle vom DAAS erzeugten Meßsignale liegen an der Buchse "Out" (Symbol "O" oder "←O") an. Der Ausgangspegel beträgt maximal ±4V an 600 Ohm und kann in 1 dB-Stufen verringert werden. Der Stellbereich beträgt 90 dB.
Für Messungen an Lautsprechern oder sonstigen niederohmigen Testobjekten muß zwischen "Out" und Meßobjekt unbedingt ein Leistungsverstärker geschaltet werden! Als Leistungsverstärker eignet sich z.B. ein HiFi-Verstärker.

Wichtig! Bei Verwendung eines HiFi-Verstärker lesen Sie bitte unbedingt das Kapitel 12, "Wichtige Schutzvorkehrungen und Betriebshinweise".

3 Messungen

Die wichtigsten und in der Praxis am häufigsten vorkommenden Messungen sind im Digitalen Audio Analyse System vordefiniert. Die Messungen sind alle ablaufgesteuert. Das heißt, der Benutzer wird vom Meßsystem mit Hinweisen zum Ablauf und auf Wahlmöglichkeiten vollständig durch die Messung geführt. Alle Abläufe sind selbsterklärend und können praktisch ohne Einarbeitung durchgeführt werden. Meßfehler werden durch die Vorgabe des Meßablaufs und der Meßparameter weitgehend vermieden. Die Parameter der einzelnen Messungen sind optimal voreingestellt, können aber vom erfahrenen Benutzer für spezielle Anwendungen abgeändert werden.

3.1 Frequenzgangmessung

Mit Hilfe der vom DAAS angewendeten digitalen Signalverarbeitung ist es möglich, von Lautsprechern, Frequenzweichen, Verstärkern usw. mit nur 2 Messungen den gesamten Frequenzgang innerhalb weniger Sekunden zu messen, und, wie in professionellen Geräten üblich, logarithmisch oder in Terzdarstellung auszugeben.
Weiterhin ist es möglich, den Phasenfrequenzgang zu berechnen und in das Frequenzgangdiagramm einzuzeichnen. Bei akustischen Messungen wird mit Hilfe der Korrelations-Analyse die Laufzeit errechnet und korrigiert, so daß der weitgehend laufzeitfreie Phasengang ausgegeben werden kann. Feine Korrekturen der Laufzeit können anschließend noch mittels Funktionstasten (Maus) durchgeführt werden. Aus dem Frequenzgang eines elektroakustischen Übertragungsglieds (eines Lautsprecher) sind mit dem DAAS zwei weitere wichtige Eigenschaften des

Meßobjekts berechenbar: Die Sprungantwort und das kumulative Zerfallspektrum (Wasserfallspektrum).

Wählen Sie im Hauptmenü

F1 Frequenzg.	F2 Impedanz	F3 Thiele Small	F4 Klirrfaktor	F5 RT60
F6 Pegel	F7 Scope	F8 Spektrum	F9 Play Signal	F10 Parameter

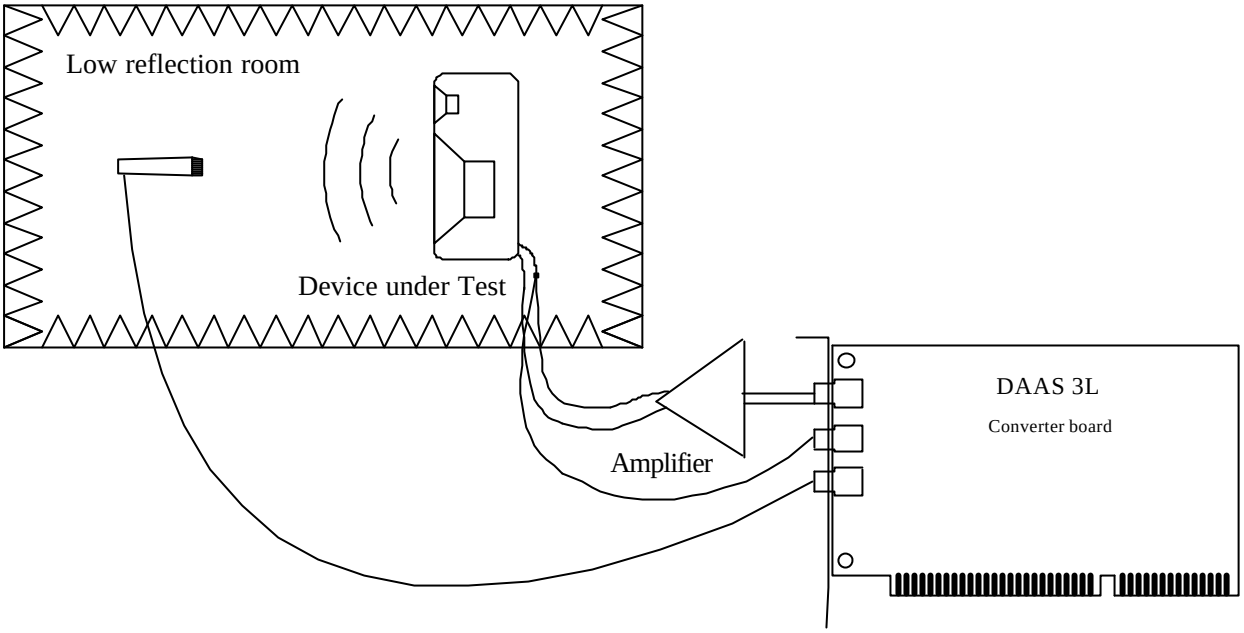
die Frequenzgangmessung durch Drücken von [F1] oder Bewegen des Mauszeigers in das entsprechende Feld und Betätigen der linken Maustaste an.
Sie müssen zuerst eine Referenzmessung durchführen, d.h. das Signal am Eingang des Meßobjekts messen.

Es sind vier verschiedene Meßrichtungen möglich:

1. elektrisch - akustisch (Lautsprecher und -Boxen),
2. elektrisch - elektrisch (z.B. Verstärker, Frequenzweichen).
3. akustisch - elektrisch (z.B. Mikrophone),
4. akustisch - akustisch (Vergleich von Lautsprechern),

Im Fall 3 oder 4 ist eine akustische Referenzmessung erforderlich. Verbinden Sie hierfür den Signalausgang "Out" mit dem Eingang des Meßverstärkers, und den Meßlautsprecher (der Lautsprecher, der das akustische Meßsignal abstrahlen soll) mit dem Ausgang des Verstärkers. Positionieren Sie das Meßmikrophon am gewünschten Referenzort. Starten Sie die Referenzmessung mit der Wahl des Meßbereichs ([F1] = ±2 Pa, [F2] = ±8 Pa). Ist der Schallpegel zu hoch / zu niedrig oder der Eingang übersteuert / zu wenig ausgesteuert, kann der Pegel mit dem Lautstärkesteller des Verstärkers oder über [F3] "Ausgang" korrigiert und die Referenzmessung wiederholt werden.

In den ersten beiden Fällen (elektrisch-elektrisch und elektrisch-akustisch) ist eine elektrische Referenzmessung erforderlich. Verbinden Sie den Signalausgang "Out" (ggf. Über einen Meßverstärker) mit dem Meßobjekt und mit dem Meßeingang "Line".
Der Meßaufbau mit einer Lautsprecherbox als Testobjekt sieht wie folgt aus:



Die elektrische Referenzmessung wird mit der Wahl des Spannungsbereichs (Empfindlichkeit des Meßverstärkers) gestartet:

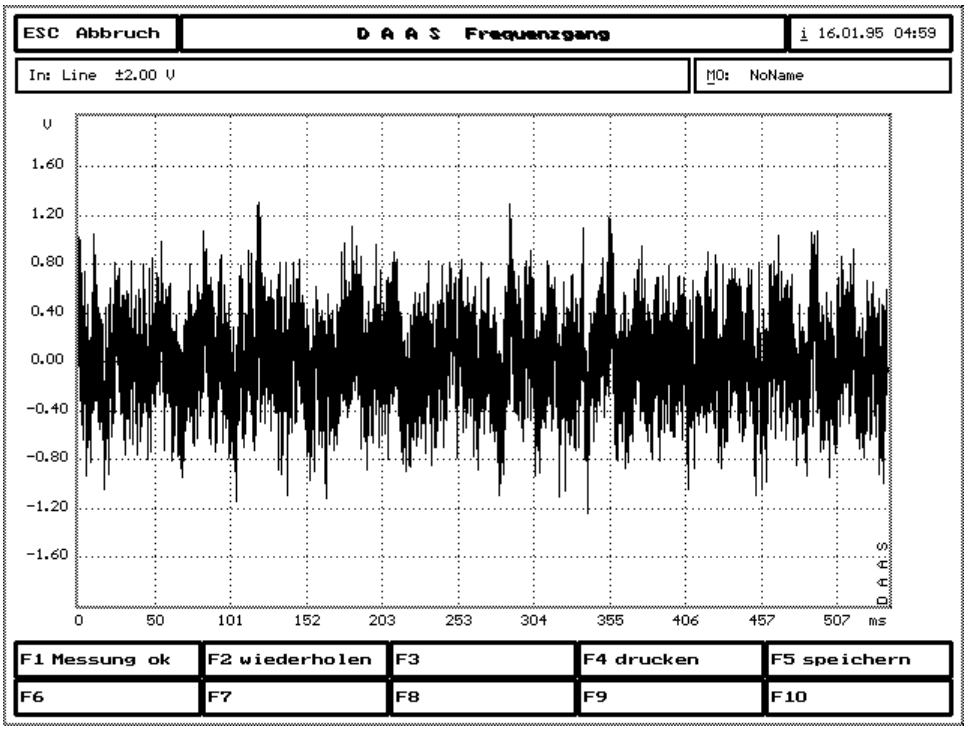
F1 0,2 V	F2 2 V	F3 20 V	F4 Ausgang	F5 laden
F6	F7	F8	F9	F10 Abtastrate

Der günstigste Eingangsspannungsbereich hängt vom Meßobjekt ab.
Wollen Sie einen Verstärker oder ein anderes HiFi-Gerät testen, stellen Sie den Meßpegel mit [F4] "Ausgang" in den Bereich 20 bis 40 dB Ausgangspegeldämpfung (der Eingang des Gerätes darf nicht übersteuert werden), und wählen den Bereich "2 V" oder "0,2 V".
Bei Messung einer Lautsprecherbox wird der Pegel durch den nachzuschaltenden Verstärker erhöht, so daß (bei einer Ausgangspegeldämpfung zw. 20 und 40 dB) in der Regel im 20 V-Bereich gemessen wird. Pegelkorrekturen können dann auch mit dem Lautstärkesteller des Verstärkers durchgeführt werden.

Sie können auch einen definierten bzw. vorgegebenen Meßpegel einstellen. Drücken Sie [F4] für die Einstellung des Ausgangs, und dann [F2] für "Test". Das aktuelle Testsignal wird nun für kurze Zeit abgespielt, und der Pegel gemessen und angezeigt. Stellen den Pegel mit dem Lautstärkesteller des Verstärkers oder über die Ausgangspegeldämpfung mit den Tasten [↑] und [↓] auf den gewünschten Wert. Danach den Lautstärkesteller für die nachfolgend gewählte Messung mit dem so definierten Pegel nicht mehr verstellen !

Die Taste [F5] ist mit dem Menüpunkt "laden" belegt. Hiermit ist die Möglichkeit gegeben, ein früher gemessenes Signal wieder zu laden und auszuwerten. Sie können z.B. eine Meßreihe aufnehmen und abspeichern, und die Auswertung dann später vornehmen. Bei unveränderten Meßaufbauten, Lautstärkeeinstellungen und Ausgangspegeldämpfung können Sie auch für neue Messungen das Referenzsignal hochladen. Dies ist allerdings nur dann empfehlenswert, wenn der Meßaufbau, Lautstärkeeinstellungen und Ausgangspegeldämpfung garantiert nicht verändert wurden, also nur bei direkten Wiederholungen einer Messung.
Die Handhabung ist im Kapitel 6 beschriebenen.

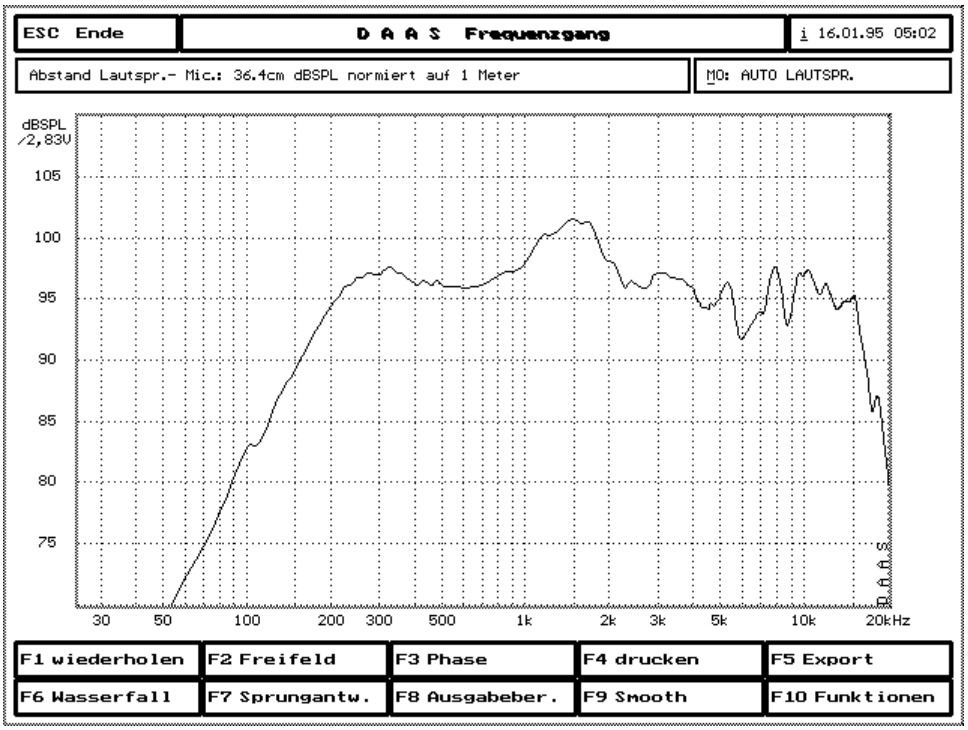
Nach Ablauf der Messung sollte folgende Bildschirmausgabe erscheinen:



Ist das Meßsignal zu groß, erscheint eine Warnung auf dem Bildschirm, ist es viel kleiner, wird der Meßfehler größer.
In beiden Fällen sollten Sie den Lautstärkeeinsteller des Meßverstärkers entsprechend verändern und die Messung wiederholen.
Wollen Sie das gemessene Signal später noch einmal verwenden oder die Auswertung später vornehmen, drücken Sie [F5] für "speichern" (s. Kapitel 6).
Mit [F4] können Sie ein Bildschirm-Hardcopy auf einem 9- oder 24-Nadel-Drucker, auf einem HP-Laserjet II oder als eine PCX-Datei erstellen (s. Kap. 7).
Drücken Sie [F1], wenn das Meßsignal auf dem Bildschirm in Ordnung ist, und verändern Sie die Einstellung des Lautstärkeeinstellers nicht mehr! Sollten Sie die Lautstärkeeinstellung oder die Ausgangspegeldämpfung dennoch verändern, stimmt

der Kurvenverlauf des Frequenzgangs nach wie vor, aber der absolute Wert verändert sich, d.h. die Kurve ist in der Amplitudenachse verschoben.
Nach Beendigung der Auswertung verbinden Sie den Ausgang des Meßobjekts mit "Line" und wählen "elektrisch" (Verstärker usw.) bzw. bringen das Mikrophon in Position und wählen "akustisch" (Lautsprecher).
Ist der Meßaufbau fertig, starten Sie die Messung mit der Wahl des Meßbereichs (±0.2 V, ±2 V oder ±20 V bzw. ±2 Pa oder ±8 Pa). Wählen Sie den Meßbereich so, daß keine Übersteuerung eintritt (Warnung erscheint) und der Meßbereich gut ausgenutzt wird (oder laden Sie das Signal von der Festplatte/Diskette mit [F5]).
Ist die Messung in Ordnung, können Sie durch Drücken von [F5] das Signal für eine spätere Auswertung abspeichern oder sich durch Betätigen von [F1] den Frequenzgang anzeigen lassen.
Haben Sie im Menü "Parameter" die Option "Laufzeitkompensation: manuell" gewählt, erscheint bei Messung eines Lautsprechers die Abfrage "Abstand zwischen Mikrophon und Lautsprecher". Diese Information ist für das System wichtig, wenn der Abstand größer als 10 cm ist oder wenn der Phasenfrequenzgang exakt berechnet werden soll. Geben Sie den Abstand möglichst genau auf volle cm aufgerundet ein.
Die normale Einstellung dieser Option ist "Laufzeitkompensation: automatisch", d.h. es wird kein Abstand abgefragt, sondern automatisch bestimmt. Die manuelle Eingabe ist ausschließlich für den Fall gedacht, wo die automatische Berechnung versagt bzw. offensichtlich falsche Werte berechnet.
Aus der ermittelten Laufzeit wird der Abstand zwischen Mikrophon und Lautsprecher berechnet und oben in der Info-Zeile angezeigt. Hier können Sie prüfen, ob die automatische Laufzeitbestimmung erfolgreich war: Die angezeigte Entfernung muß in der gleichen Größenordnung liegen wie die tatsächliche Entfernung. Kleine Abweichungen sind normal, weil die Schallgeschwindigkeit luftdruckabhängig ist und der akustische Quellpunkt eines Lautsprechers sich nicht unbedingt auf der Korb- oder Membranebene befindet (ak. Zentrum).
Wichtig! Insbesondere bei Tieftonlautsprechern werden in der Regel ein paar Zentimeter zu viel angezeigt, weil die Eigenlaufzeit des Lautsprechers mit in die Entfernungsberechnung eingeht.

Das folgende Bild zeigt das Ergebnis einer Frequenzgangmessung an einem Autolautsprecher im Abstand von 36 cm:

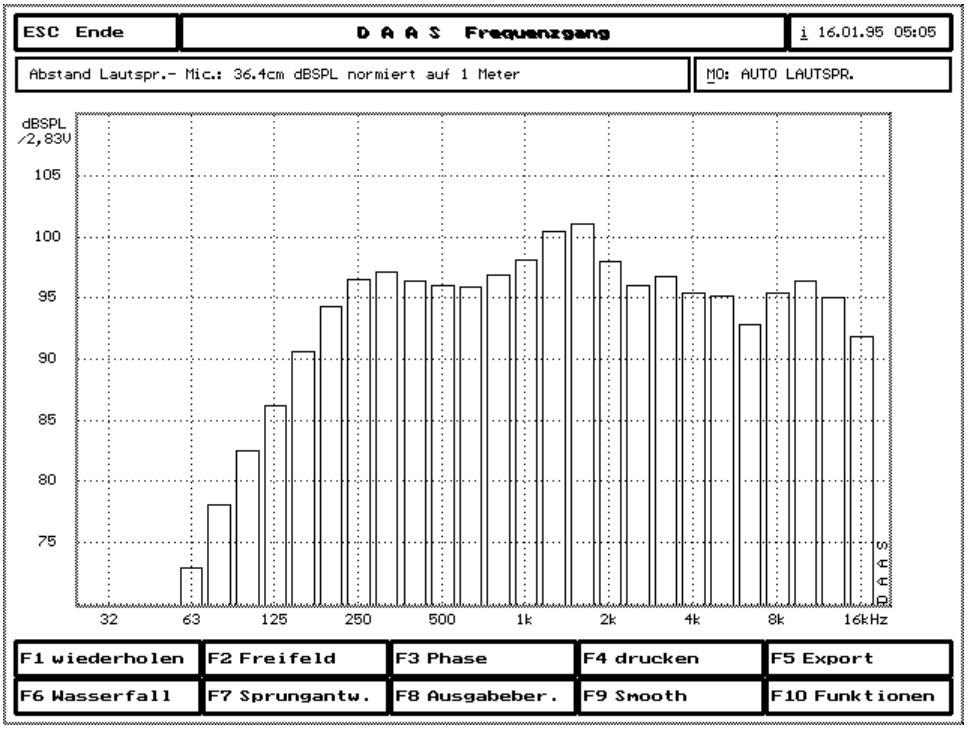


Die Skalierung des Frequenzgangs kann im Menü "Parameter" verändert werden. In diesem Beispiel ist die Einstellung dBSPL/2,83V normiert auf 1 Meter Abstand zwischen Lautsprecher und Mikrophon gewählt, d.h. die ausgegebene Frequenzgangkurve entspricht dem Ergebnis einer Messung mit dem Abstand von einem Meter zwischen Lautsprecher und Mikrophon, und der Speisung des Lautsprechers mit einem Pegel von 2,83 Volt (entspricht bei 8 Ohm einem Watt Leistung), nahezu unabhängig von den tatsächlichen Abständen und Pegeln. Eine exakte Pegeleinstellung und Entfernungsmessung kann entfallen, weil eine automatische Korrektur durchgeführt wird (Voraussetzung: Abstand Mikrophon - Lautsprecher größer 10 cm). Diese auf den ersten Blick etwas merkwürdige Skalierung ist für die Datenübertragung in Lautsprecher-CAD-Programme (Export) zwingend Voraussetzung und für den Vergleich von Lautsprechern durchaus sinnvoll.

Bei einigen Lautprechern, insbesondere bei Tieftonlautsprechern, ist es möglich, daß die angezeigte Entfernung zwischen Lautsprecher und Meßmikrophon einige Zentimeter zu groß ist (s. oben). In diesem Fall ist eine manuelle Korrektur über [F10] = Funktionen möglich. Hier können Sie die mit einem Maßband gemessene Entfernung eingegeben, so daß die Umrechnung auf 1 Meter Abstand richtig durchgeführt werden kann. Weiterhin kann hier festgelegt werden, ob die eingegebene Entfernung für alle folgenden Messungen dieser Sitzung gelten soll. Die mit der Laufzeit des Lautsprechers behaftete Entfernung wird dann wie gewohnt nach der Messung angezeigt, aber für die Berechnung der Kurve auf die eingegebene Entfernung korrigiert.

Sollten Sie nur die Anzeige eines eingegrenzten Frequenzbereichs wünschen, so können Sie eine obere und eine untere Ausgabegrenze über [F8] eingeben. Nach Abschluß der Eingabe wird der Frequenzgang unter Berücksichtigung der Grenzen neu gezeichnet. Die Grenzen werden bei der Ausgabe der Phase, des Freifeldfrequenzgangs und beim Datenexport berücksichtigt. Von dieser Möglichkeit sollten Sie Gebrauch machen, wenn Sie einzelne Chassis messen, die nicht den gesamten Frequenzbereich von 20 Hz bis 20 kHz abdecken (s. auch Kap. 3.1.7).
Über [F9] können Sie die angezeigte Kurve zusätzlich glätten. Die Glättung entspricht etwa einer Terz-Mittelung.
Frequenzgangkurven können auch gespeichert und später wieder hochgeladen werden. Wählen Sie hierfür über [F10] die "Funktionen" an. Eine hochgeladene Kurve wird in das Bild nachträglich eingezeichnet, die vorhandene(n) Kurve(n) wird (werden) nicht gelöscht.
Es können beliebig viele Kurven hochgeladen und zur Anzeige gebracht werden. Achten Sie aber auf die Skalierung! Eine Kurve, die bei etwa 94 dB_{SPL}/V liegt, wird beim Wiederhochladen, wenn Sie inzwischen auf dBPa/V umgeschaltet haben, bei 94 dBPa/V eingezeichnet, und liegt somit außerhalb des sichtbaren Bereichs !

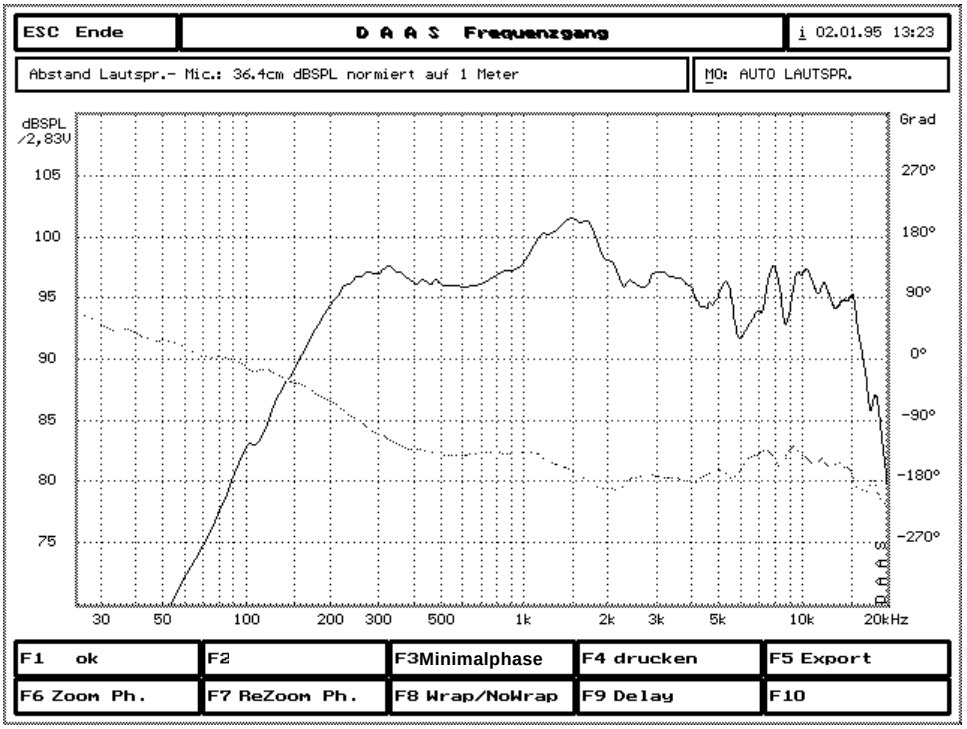
Für akustische Messungen ist die Anzeige des Frequenzgangs in Terzdarstellung sehr empfehlenswert. Ist die entsprechende Option "Terzdarstellung" aktiviert, erscheint der Frequenzgang so:



Mit [F4] können Sie ein Bildschirm-Hardcopy auf einem 9- oder 24-Nadel-Drucker, auf einem HP-Laserjet II oder als eine PCX-Datei erstellen (s. Kap. 6 Bildschirmausdruck).

3.1.1 Phasengang

Aus dem gemessenen Frequenzgang lassen sich nun weitere Übertragungseigenschaften des Meßobjekts berechnen.
Durch Drücken der Funktionstaste [F3] bzw. Betätigung der linken Maustaste im entsprechendem Feld wird der Phasengang berechnet und angezeigt.
Wurde die automatische Laufzeitkorrektur erfolgreich durchgeführt bzw. die Entfernung Lautsprecher - Mikrophon richtig eingegeben, erscheint folgendes Bild:



Der Anzeigebereich der Phase ist über [F6] und [F7] einstellbar im Bereich von 22,5 Grad/DIV bis 180 Grad/DIV.
Die durch die Periodizität der Phase üblichen Phasenumbrüche können durch ein "entwrappen" beseitigt werden. Die Phasenkurve kann nun über ±180 Grad hinausgehen. Mit der Taste "Wrap/NoWrap" kann zwischen den beiden Darstellungen gwechselt werden.
Zur besseren Unterscheidung der Phase vom Amplitudenfrequenzgang auf Monochrombildschirmen und Ausdrucken kann die Linienart der Phasenkurve verändert werden (s. Kap. 9.1).

3.1.2 Minimalphase

Über die Taste [F3] ist die Berechnung der Minimalphase anwählbar. Die Minimalphase wird aus dem Amplitudenfrequenzgang mittels diskreter HILBERT-Transformation berechnet. Bei Anwahl der Minimalphase wird durch Differenzbildung zwischen Gruppenlaufzeit der gemessenen Phase und Gruppenlaufzeit der Minimalphase eine Laufzeitkorrektur vorgenommen. Die in der Infozeile angezeigten Werte für Laufzeit und Entfernung sowie die Lage der Amplitudenfrequenzgangkurve (in dBPa/W/Meter) werden entsprechend korrigiert.

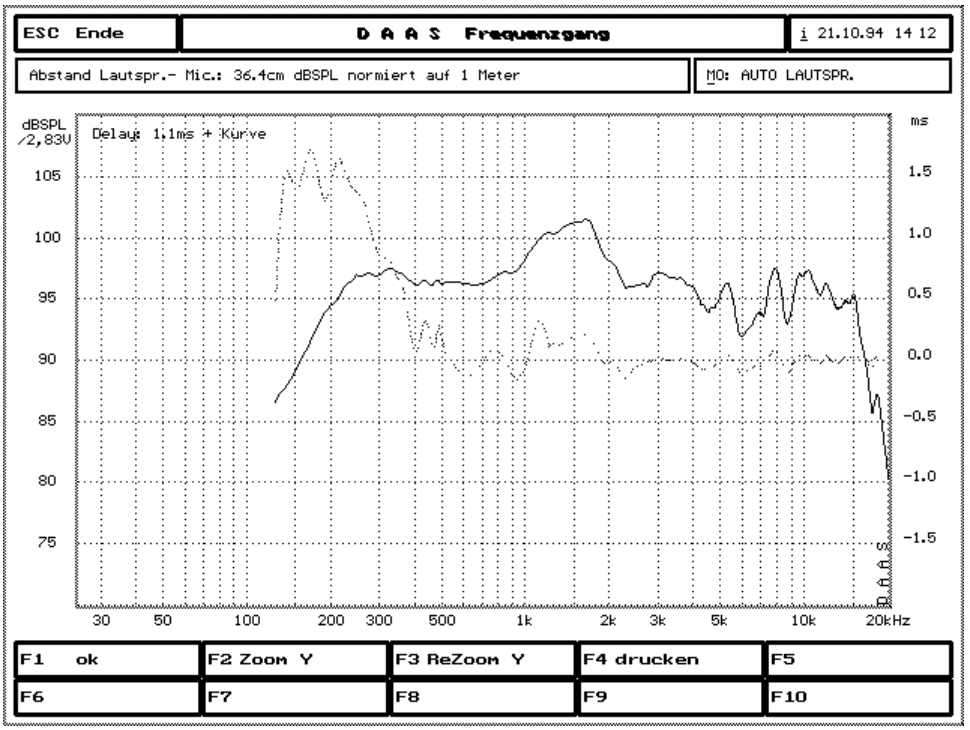
Wichtig: Beachten Sie beim Arbeiten mit der Minimalphase (und auch mit der berechneten Phase sowie der Gruppenlaufzeit) unbedingt die Hinweise im Handbuch bzgl. des Messraumes (Kap. 3.1.5 und 3.1.7)!

Die Berechnung der Minimalphase ergibt nur dann richtige Ergebnisse, wenn das Meßobjekt ein Minimalphasensystem ist. Dies ist bei einzelnen Lautsprechern fast immer der Fall, nicht jedoch bei aus mehreren Lautsprechern bestehenden Systemen mit Frequenzweichen usw. Hier sei auf die einschlägige Literatur verwiesen.

Die Minimalphase kann dadurch, daß der Frequenzbereich des Frequenzgangs und Zeitbereich der Impulsantwort begrenzt sind, an den Enden des Frequenzbereiches, also im Bereich unter 50-100 Hz und oberhalb 15 kHz, leichte Fehler aufweisen.

3.1.3 Gruppenlaufzeit

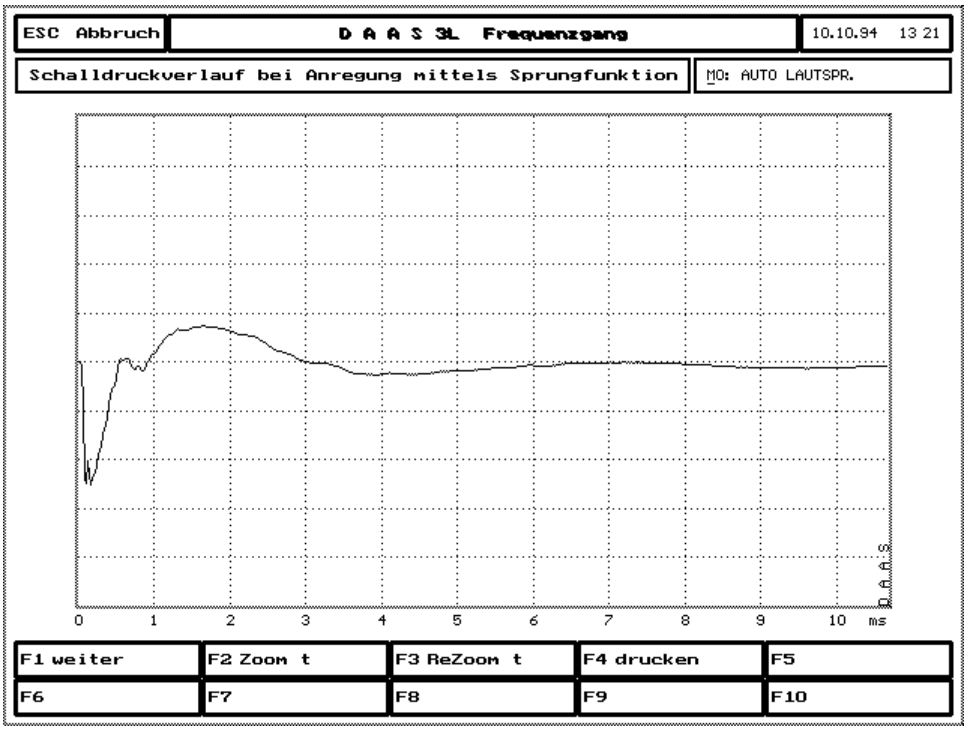
Aus dem Phasengang kann durch Differentiation (d###/d###) die Gruppenlaufzeit berechnet werden. Die Gruppenlaufzeit erscheint in Form einer Kurve und gibt bei jeder Frequenz die zugehörige Laufzeit an.



Bei akustischen Messungen mit automatischer oder manueller Laufzeitkorrektur gibt die Laufzeitkurve die Abweichung der Laufzeit bei jeder Frequenz von dem durch die Laufzeitkorrektur ermittelten Wert an (Beispiel 300 Hz im Bild oben: etwa +0,9 Millisekunden aus Laufzeitkurve + 1,1 Millisekunden aus Infozeile = 2 Millisekunden Gesamtlaufzeit).

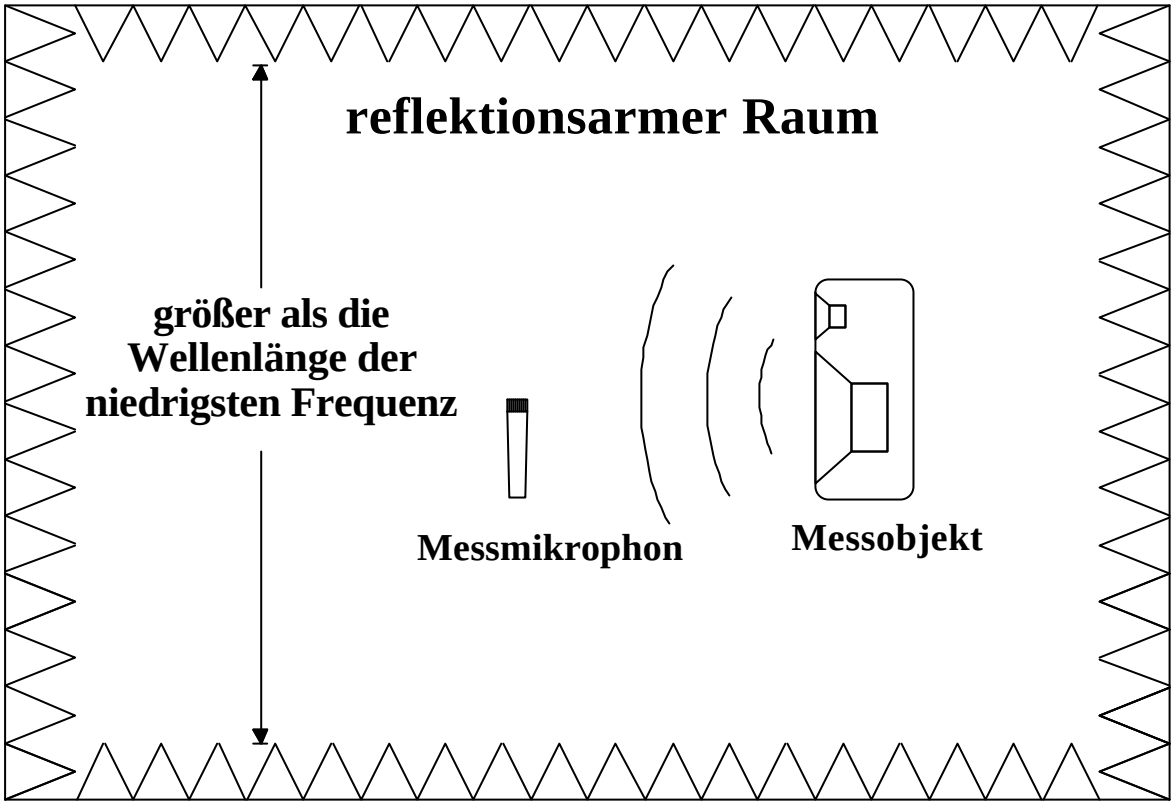
3.1.4 Sprungantwort

Aus dem gemessenem komplexen Frequenzgang kann mittels inverser Fouriertransformation mit anschließender Integration die Sprungantwort berechnet werden. Die Sprungantwort entspricht dem Schalldruckverlauf, den ein Lautsprecher bei Anregung mit einem eingeschaltetem Gleichspannungspegel abgeben würde.
Die Zeitachse ist zur besseren Übersichtlichkeit spreiz- und komprimierbar (Zoom t und Re-Zoom t).

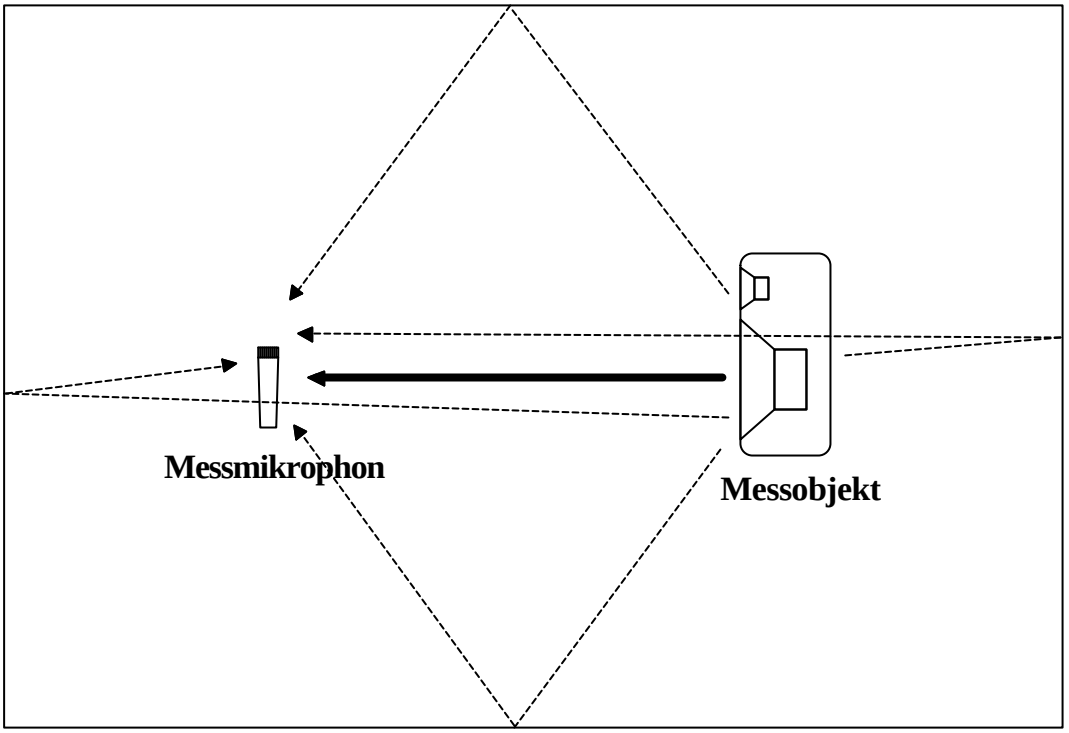


3.1.5 Freifeldkorrektur

Für eine erfolgreiche Frequenzgangmessung eines Lautsprechers sollten Sie einige physikalische Aspekte beachten.
Der "wahre" Frequenzgang eines Lautsprechers läßt sich nur im Freifeld oder im reflektionsarmen Meßraum geeigneter Größe ermitteln, weil in geschlossenen Räumen große Meßfehler durch Reflektionen an Decke, Boden, Wänden und Scheiben auftreten.
Eine Abschätzung der unteren Grenzfrequenz eines reflektionsarmen Meßraums (der Wert, ab dem die Meßergebnisse brauchbar sind) ergibt sich aus seinen Abmessungen:

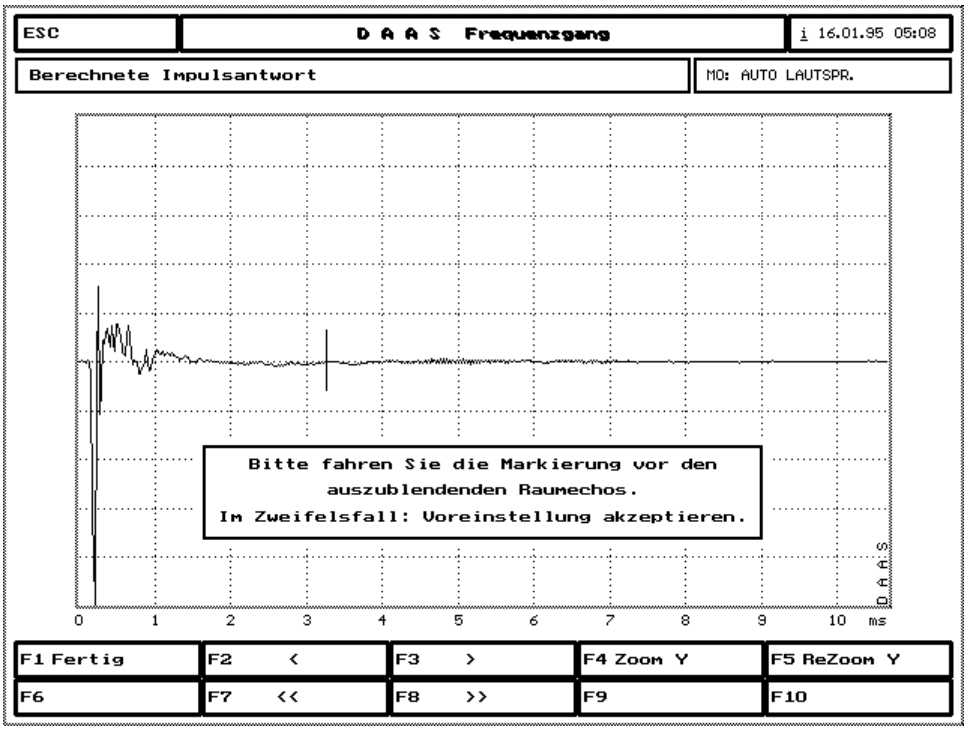


Für eine Messung bis 50 Hz herunter ergibt sich aus der Wellenlänge die minimale Größe des Meßraums mit 6,8 Meter (!) netto. Die Absorberkeile müssen 0,25*Wellenlänge lang sein, also 1,7 Meter. Einschließlich Absorber hat ein geeigneter Raum also etwa 10 Meter (!!) Kantenlänge.
Sollte Ihnen kein Meßraum zur Verfügung stehen, können Sie auch in geschlossenen Räumen messen. Wählen Sie einen möglichst großen Raum und kleinen Abstand zwischen Lautsprecher und Mikrophon (viel kleiner als der Hallradius, Größenordnung 10-20 cm). Der Raum sollte nicht zu "hallig" sein.
Positionieren Sie Lautsprecher und Mikrophon so, daß die Ausbreitungswege der Reflektionen an den Begrenzungsflächen (gestrichelte Linien) möglichst groß sind:

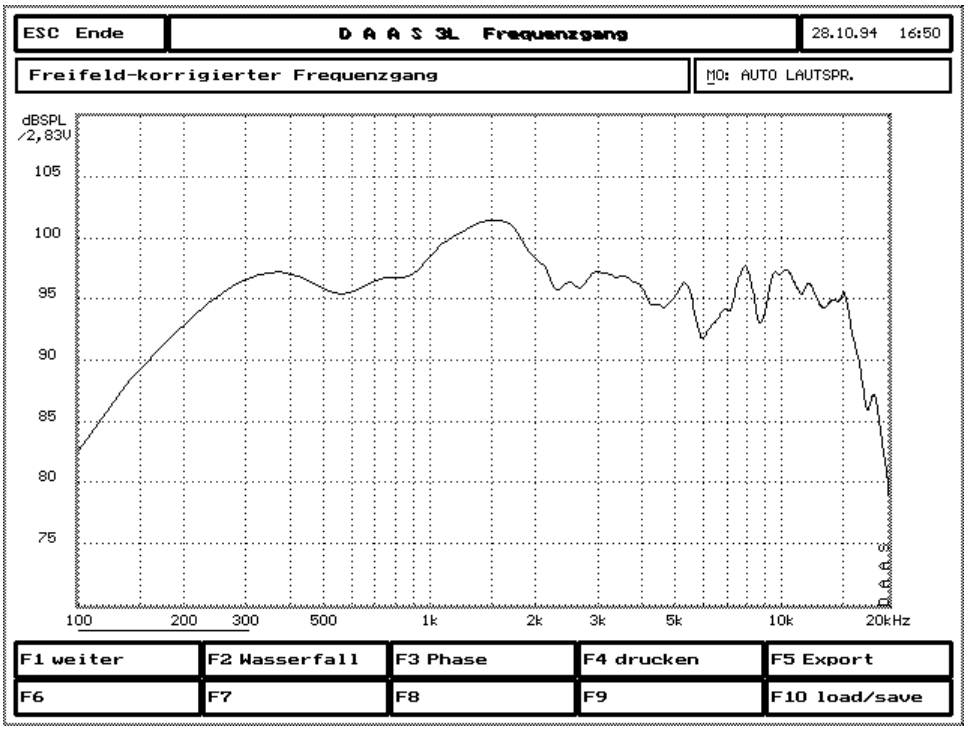


Die unerwünscht auftretenden Reflektionen können Sie nun mit der hierfür vorgesehenen Funktion "Freifeldfrequenzgang berechnen" (F2) ausblenden.
Diese Funktion berechnet aus dem Frequenzgang des Lautsprechers die Impulsantwort, d.h. den Schalldruckverlauf, der sich bei Anregung mit einem sehr schmalen Nadelimpuls ergeben würde. Im Zeitverlauf der Impulsantwort kann man nun ein ev. vorhandenes Echo erkennen und ausblenden. Suchen Sie im Bereich 1 bis 10 Millisekunden nach einem Signalstück, dessen Verlauf dem Signal bei 0 Millisekunden ähnelt. Fahren Sie die Markierung (kleiner vertikaler Strich auf dem Signal, im Bild unten bei 4 Millisekunden) mit den Cursortasten ([←], [→], [Ctrl]+[←] und [Ctrl]+[→]) vor dieses Signalstück. Alle Echos, die rechts von der Markierung liegen, werden ausgeblendet.

Über [F6] können Sie die sogenannte ETC = Energy Time Curve berechnen. Die Impulsantwort wird quadriert und logarithmiert dargestellt..



Beachten Sie, daß mit dem Abschneiden der Echos die Frequenzauflösung verringert wird. Die Frequenzauflösung ergibt sich aus dem Kehrwert der Meßzeit. Positionieren Sie die Markierung bei 5 Millisekunden, ergibt sich damit eine Frequenzauflösung von 200 Hz. Dieser Effekt ist physikalischer Natur (Unschärferelation), und trifft alle Verfahren (TDS durch Einschwingzeit der Filter = 1 / Bandbreite, Impuls- oder PN - Kurzzeit - Sequenz - verfahren durch Auflösung = 1 / Meßzeit).
Im Zweifelsfall akzeptieren Sie die Voreinstellung und drücken ohne Veränderung der Markierung [F1]. Nun wird aus der Impulsantwort wieder der Frequenzgang berechnet, bereinigt von Fehlern durch Reflektionen.
Der angezeigte Frequenzbereich beginnt immer bei 100 Hz, unabhängig von der durch das Abschneiden der Impulsantwort verringerten Frequenzauflösung. Der unsichere Bereich, d.h. der Bereich, der durch die verringerte Frequenzauflösung praktisch nicht verwertbar ist, ist durch eine Linie unterhalb der Frequenzachsenskalierung gekennzeichnet.

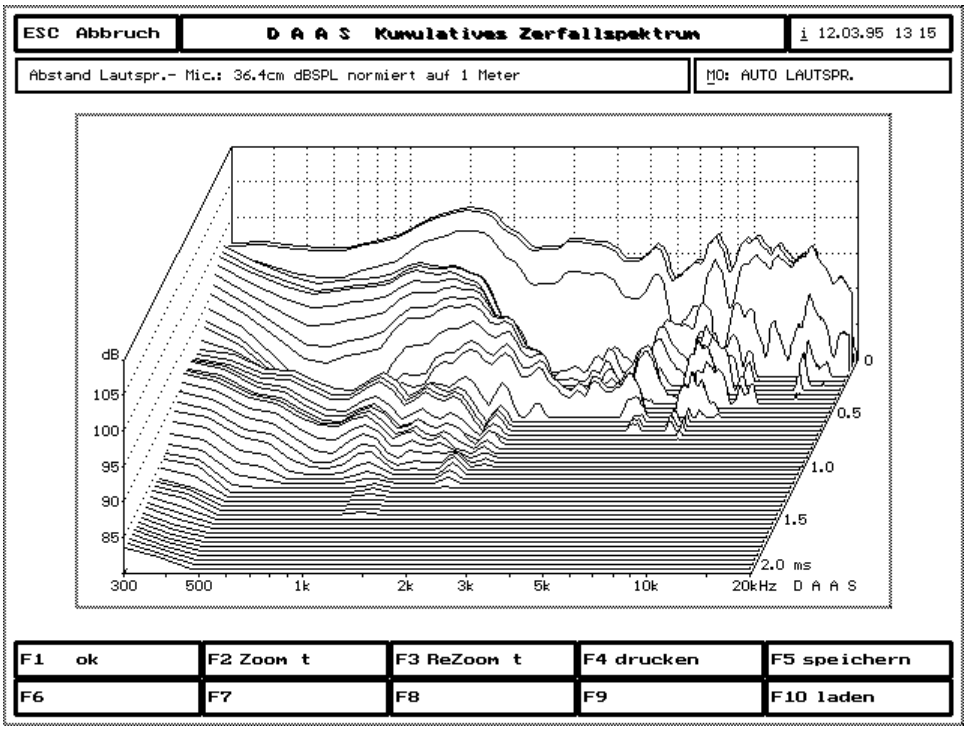


Auch Freifeld-Frequenzgänge können über [F10] = "load/save" gespeichert und wieder geladen werden.
Ein bereinigter Phasengang ist ebenfalls verfügbar (Funktionstaste [F3]). Hier ist es möglich, daß noch Laufzeitkorrekturen manuell (mit den Tasten "Phase +" bzw. "Phase -") durchgeführt werden müssen (s. 3.1.1).

3.1.6 Wasserfallspektrum

Aus dem Frequenzgang läßt sich das sogenannte Wasserfallspektrum oder kumulative Zerfallspektrum berechnen. Das kumulative Zerfallspektrum zeigt für alle Frequenzen das Ausklingverhalten eines Lautsprechers. Es gibt Aufschluß über ein unerwünschtes Nachschwingen von Gehäusen und Chassis.

Es werden insgesamt zwischen 48 und 72 Frequenzgänge berechnet. Die erste ausgegebene Kurve entspricht dem Frequenzgang mit Anregung (Eingangssignal vorhanden), alle anderen ohne Anregung. Bei einem idealen Lautsprecher würde sich die zweite berechnete Kurve im Diagramm unten auf der Frequenzachse befinden, d.h. er würde keine Schallenergie abstrahlen, weil kein Eingangssignal mehr vorhanden ist. Dies ist aber bei einem realen Lautsprecher nicht der Fall.



Auch hier läßt sich die Zeitachse zur besseren Übersichtlichkeit spreizen und komprimieren (Zoom t und Re-Zoom t). Allerdings werden bei Benutzung der Zoom-Funktion alle Frequenzgänge neu berechnet. Die Voreinstellung der Zeitachse läßt sich im Menü "Parameter" (s. Kap. 9.1) ändern.
Die tiefste angezeigte Frequenz (hier: 300 Hz) läßt sich ebenfalls bei Bedarf (z.B. Messungen an Hochtonlautsprechern) im Bereich 200 bis 2000 Hz im Menü "Parameter" ändern.

Über die beiden Funktionstasten [F5] und [F10] können Wasserfallspektren gespeichert und wieder geladen/zur Anzeige gebracht werden. Beim Laden eines Wasserfallspektrums wird der Bildschirm überschrieben (gelöscht), der ursprüngliche Wasserfall kann über [F1] = "weiter" und anschließender Neuberechnung wieder zur Anzeige gebracht werden.
Wollen Sie eigene Software zur Darstellung der Wasserfallspektren erstellen und/oder verwenden, können Sie eine Beschreibung des Datenformats bei Ihrem Distributor erhalten.
Achtung: mit dem Abschneiden der Echos bei Berechnung des Freifeldfrequenzgangs werden alle Signalanteile jenseits der Markierung abgeschnitten. Hier ist dann auch der Wasserfall zu Ende (=Null).

3.1.7 Wichtige Anmerkungen zur akustischen Frequenzgangmessung

❑ Ein korrekter Frequenz- und Phasengang eines Lautsprechers kann nur dann berechnet werden, wenn der akustische Signalpegel größer ist als der Störgeräuschpegel!
Sollten Sie unsinnige Ergebnisse erhalten, prüfen Sie den Signal/Stör-Abstand mit Hilfe der Pegelmessung: Messen Sie mit unverändertem Meßaufbau den Schallpegel, klemmen Sie dann den Lautsprecher ab und messen noch einmal. Vergleichen Sie die Terzpegel. Zeigt sich in einem oder mehreren Bändern kein oder nur ein geringer Unterschied, sollten Sie die Störgeräusche verringern, den Raum wechseln, oder den Meßpegel erhöhen. Die Störgeräusche sollten in jedem Band mind. 10 - 20 dB unter dem Signalpegel liegen (je größer der Abstand, je besser). Wechseln Sie ggf. das Testsignal: Rosa Rauschen ("PINK_NS.DAT") hat bei tiefen Frequenzen mehr Energie als Weißes Rauschen oder MLS, so daß es sehr gut für akustische Messungen geeignet ist. Reicht der Signal/Stör-Abstand bei hohen Frequenzen nicht aus, bietet sich MLS als alternatives Testsignal an, weil MLS oder Weißes Rauschen bei hohen Frequenzen energiereicher als Rosa Rauschen ist.
Insbesondere der Phasengang reagiert sehr empfindlich auf ungeeignete Räume und Störgeräusche. Diese Probleme treten vor allem bei Messungen von Lautsprechern und Lautsprecherboxen auf, die nicht den gesamten Frequenzbereich abdecken.

❑ Der Phasenfrequenzgang kann nur dort berechnet werden, wo auch ein genügend großer Signal/Rauschabstand vorhanden ist. Dies ist in der Regel bei Messungen an einzelnen Lautsprechern nicht im gesamten Frequenzgang der Fall. Ein Hochton-Lautsprecher wird bei 100 Hz sicherlich sehr wenig Schallenergie abstrahlen, so daß die Übertragungsfunktion im Tieftonbereich vom Raumrauschen überdeckt wird. Der Betrag des Frequenzgangs befindet sich dann in der Regel außerhalb des Anzeigebereichs. Der Phasengang ist dagegen immer zu sehen, aber aus dem Raumrauschen berechnet und daher falsch. Nutzen Sie in diesem Fall die Möglichkeit zur Einschränkung des anzuzeigenden Frequenzbereichs.

❑ Wollen Sie früher durchgeführte Messungen wiederholen oder fremde Meßergebnisse kontrollieren/nachvollziehen, müssen Sie den Meßaufbau möglichst exakt rekonstruieren. Wichtig sind insbesondere

- ❑ Art und Größe des Meßraums,
- ❑ Einbauart des Lautsprechers (Box oder Schallwand definierter Größe),
- ❑ Winkel, Richtung und Entfernung zwischen Mikrophon und Lautsprecher.

❑ Wollen Sie mehrere Messungen durchführen und später auswerten, müssen Sie *beide* Meßsignale, das am Eingang des Meßobjekts *und* das am Ausgang speichern!

Bei mehreren Messungen mit unverändertem Meßaufbau (z.B. mehrere Lautsprecher am gleichen Verstärker) brauchen Sie das Signal am Eingang des Meßobjekts (hier: am Ausgang des Verstärkers) nur einmal zu messen und zu speichern. Beachten Sie aber, daß die Verstärkereinstellung nach der Referenzmessung nicht mehr verändert werden darf.

3.1.8 Export

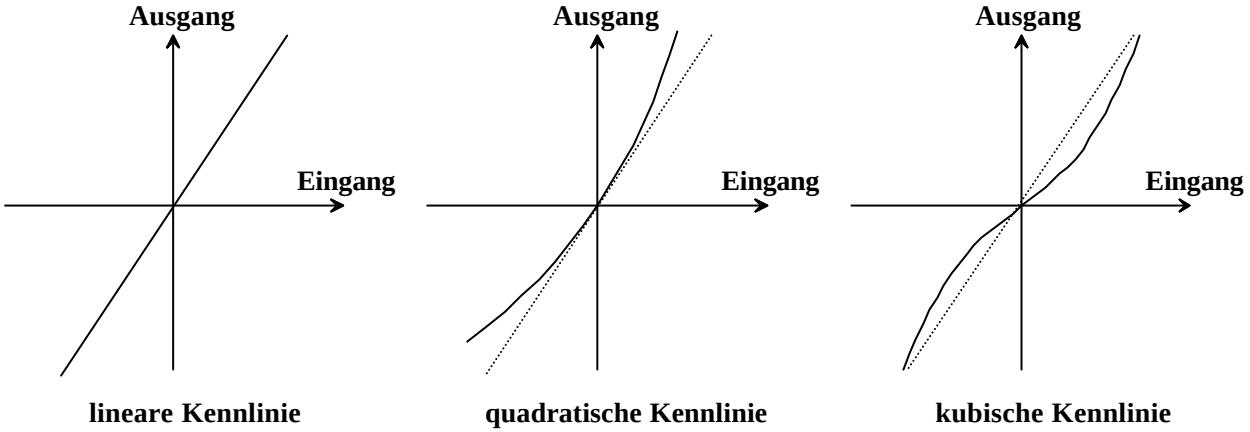
Der Frequenz- und Phasengang läßt sich zur Archivierung und Weiterverarbeitung mittels Anwenderprogrammen, Datenbanken und diverser Lautsprecher-CAD-Programmen speichern. Das Datenformat ist entweder ein ASCII-Format (CALSOD oder AudioCad, kann mit jedem Texteditor gelesen werden) oder kundenspezifisch, und dann in einer mitgelieferten Textdatei (Dateiendung "TXT" oder "DOC") beschrieben.

Durch Drücken der Taste [F5] oder Betätigung der linken Maustaste im Feld von [F5] wird die Export-Funktion angewählt.
Der Dateiname der Exportdatei wird aus den ersten drei Buchstaben des Meßobjektherstellers und den ersten fünf Buchstaben der Meßobjektbezeichnung abgeleitet. Drücken Sie zum Benennen des Meßobjekts die Tastenkombination [Alt]+[M] oder betätigen Sie im Feld MO die linke Maustaste, und geben Sie dann die Meßobjektdaten (Hersteller und Bezeichnung) ein.

Haben Sie eine obere bzw. untere Grenze des anzuzeigenden Frequenzbereichs festgelegt, wird auch nur dieser Bereich übertragen.
Der Export erfolgt immer mit der Skalierung dBSPL/2,83V normiert auf 1 Meter.

3.2 Verzerrungen

Verzerrungen, oder genauer: nichtlineare Verzerrungen, sind Veränderungen eines Signals, verursacht durch amplitudenabhängige Verstärkung oder Dämpfung eines Übertragungsglieds, also eines Verstärkers oder eines Lautsprechers. Die Übertragungskennlinie eines solchen Übertragungsglieds ist nicht gerade, sondern verbogen (nichtlinear). Man unterscheidet vor allem zwischen quadratischen und kubischen Kennlinien:



lineare Kennlinie **quadratische Kennlinie** **kubische Kennlinie**

In der Regel sind Übertragungskennlinien aus Anteilen linearer, quadratischer und kubischer Kennlinien zusammengesetzt.
Bei der Verzerrung einer Sinusschwingung mit der Frequenz f entstehen neue Sinusschwingungen (Obertöne), die im Originalsignal nicht vorhanden sind. Quadratische Kennlinien erzeugen nur gradzahlige (2*f, 4*f usw.) und kubische Kennlinien nur ungradzahlige Obertöne (3*f, 5*f usw.). Lineare Kennlinien verursachen keine Verzerrungen.

Nichtlineare Verzerrungen werden im Wesentlichen durch zwei Meßverfahren erfaßt: durch den Klirrfaktor und durch den Intermodulationsfaktor.

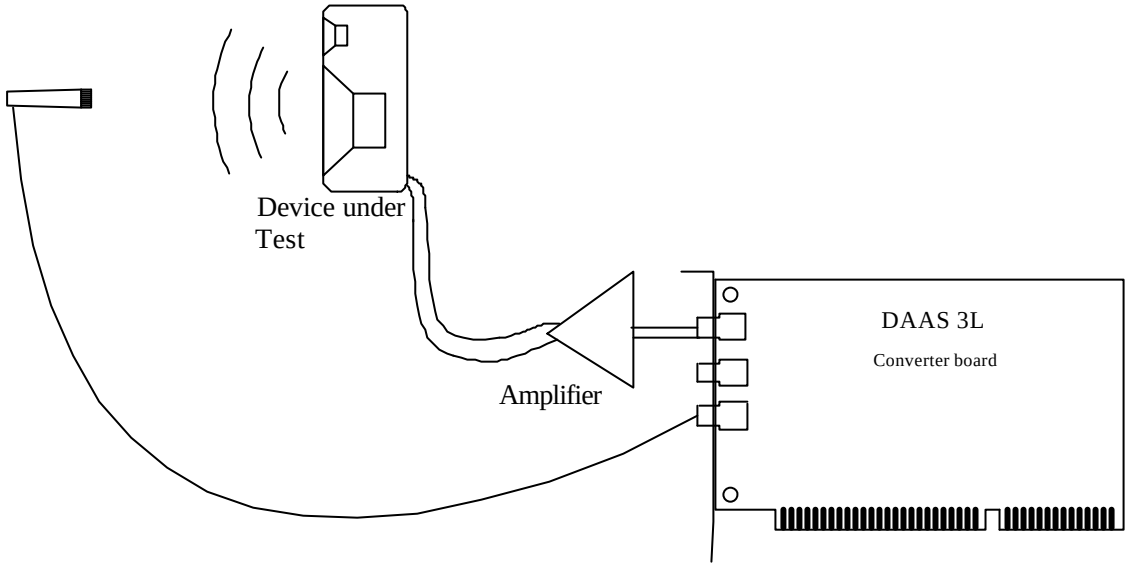
3.2.1 Klirrfaktor

Der Klirrfaktor (Harmonic Distortion) ist die am häufigsten verwendete Meßgröße für nichtlineare Verzerrungen. Er gibt an, wie stark die Oberschwingungen, die bei der Verzerrung eines sinusförmigen Signals entstehen, im Vergleich zum Gesamtsignal sind. Angewendet werden kann die Klirrfaktormessung im unteren und mittleren Frequenzbereich bis etwa 6 kHz, weil sonst die dritte (besonders störende) Harmonische außerhalb des Übertragungsbands liegt.

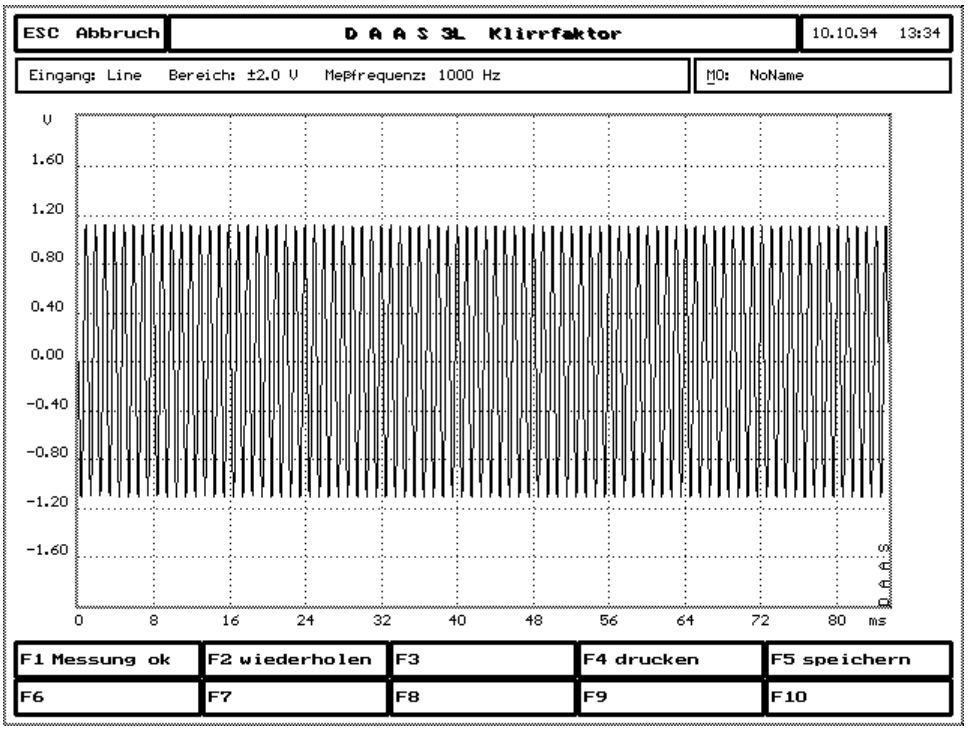
Zur Messung von Klirrfaktoren stellt das Digitale Audio Analyse System einen Sinuston mit frei wählbarer Frequenz im Bereich 20 Hz bis 6 kHz an der Buchse "Out" bereit (unter 100 Hz muß die Abtastrate umgeschaltet werden, s. "Parameter").

Nach Anwahl der Klirrfaktormessung im Hauptmenü über [F3] können Sie zwischen einer Einzelmessung mit Darstellung des Spektrums, der Aufnahme einer Klirrfaktorkurve in Abhängigkeit von der Meßfrequenz und der Intermodulationsfaktormessung wählen.

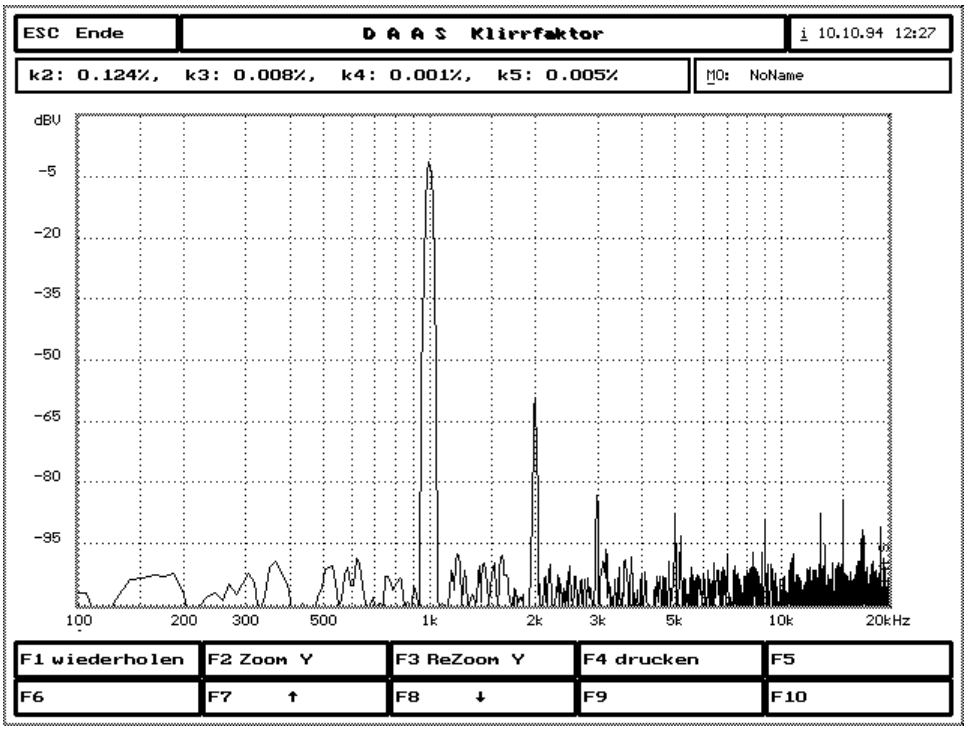
Der Meßaufbau zur Klirrfaktormessung eines Lautsprechers zeigt sich wie folgt:



Nach Anwahl der Einzelmessung wählen Sie nun mit [F2] den Eingang (Line = elektrisch, Mic = akustisch, Anzeige oben links in der Info-Zeile) und den Meßbereich (±0.2 V, ±2 V oder ±20 V bzw. ±2 Pa oder ±8 Pa), mit [F3] die Ausgangspegeldämpfung, und mit [F4] die Meßfrequenz. Gestartet wird die Messung mit [F1] = Start.
Nach Ablauf der Messung (kurzer Sinuston) sollte auf dem Bildschirm das gemessene Signal erscheinen. Steuern Sie den Meß-Eingang im Interesse eines niedrigen Eigenklirrfaktors möglichst bis maximal zwei Drittel aus. Eine gute Aussteuerung zeigt das folgende Bild:



Ist das Meßsignal zu groß (Übersteuerung), erscheint eine Warnung auf dem Bildschirm, ist es kleiner, wird die untere Meßgrenze schlechter.
Auch hier haben Sie über Taste [F5] die Möglichkeit, Meßsignale zu speichern und zu laden. Die Handhabung ist im Kapitel "Laden und Speichern von Signalen" beschrieben.
Drücken Sie [F1] für "Messung ok", wird der Klirrfaktor über dem Frequenzspektrum berechnet:



Ausgegeben werden die wichtigsten Faktoren:

- ❑ k2: Klirrfaktor mit Berücksichtigung der 2. Harmonischen,
- ❑ k3: Klirrfaktor mit Berücksichtigung der 3. Harmonischen,
- ❑ k4: Klirrfaktor mit Berücksichtigung der 4. Harmonischen,
- ❑ k5: Klirrfaktor mit Berücksichtigung der 5. Harmonischen.

K2 ist relativ unkritisch. Werte bis zu einigen Prozent werden kaum als störend empfunden. K3 wirkt dagegen sehr störend. Werte um 0,1 % sind deutlich wahrnehmbar.
Summenklirrfaktoren lassen sich einfach nach folgender Formel berechnen:

$$k_{ges} = \sqrt{k_2^{\,2} + k_3^{\,2} + k_4^{\,2} \ldots .}$$

Klirrfaktoren 6. Ordnung und höher sowie der Summenklirrfaktor k1 bis k9 werden über [F5] angezeigt.

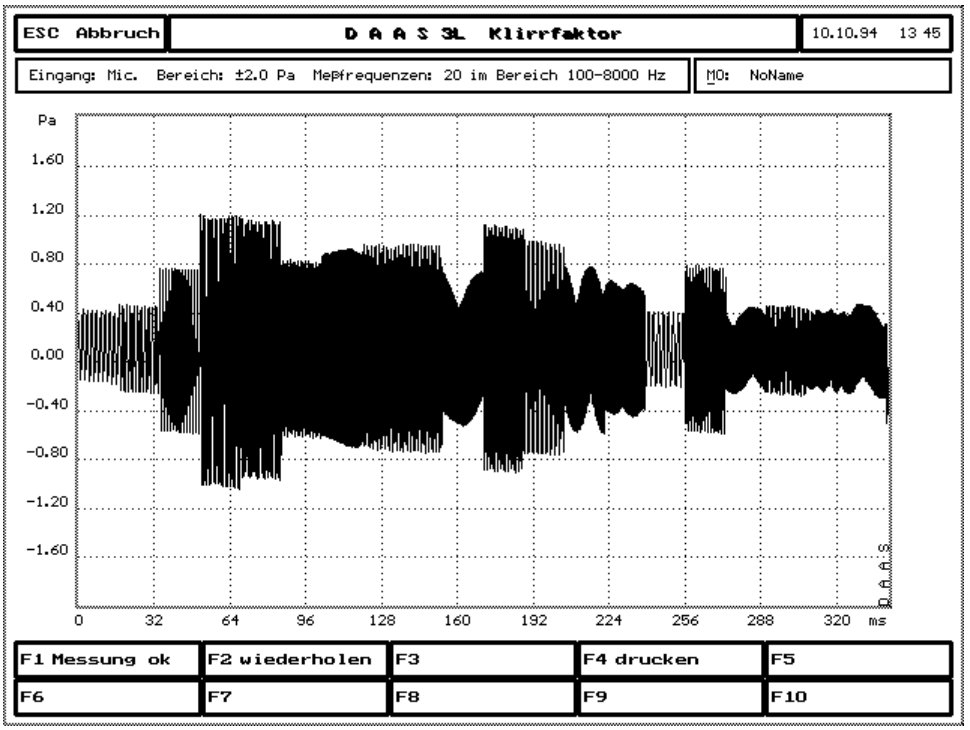
Zur besseren Übersichtlichkeit läßt sich der Anzeigebereich über [F2] / [F3] vergrößern / verkleinern und über [F7] / [F8] verschieben. Die Voreinstellung kann unter Menüpunkt "Parameter" geändert werden (s. Kapitel 9).

WICHTIG! Für die Klirrfaktormessung können keine externen Signale von Sinusgeneratoren o.ä. verwendet werden, weil beim Zusammenspiel von

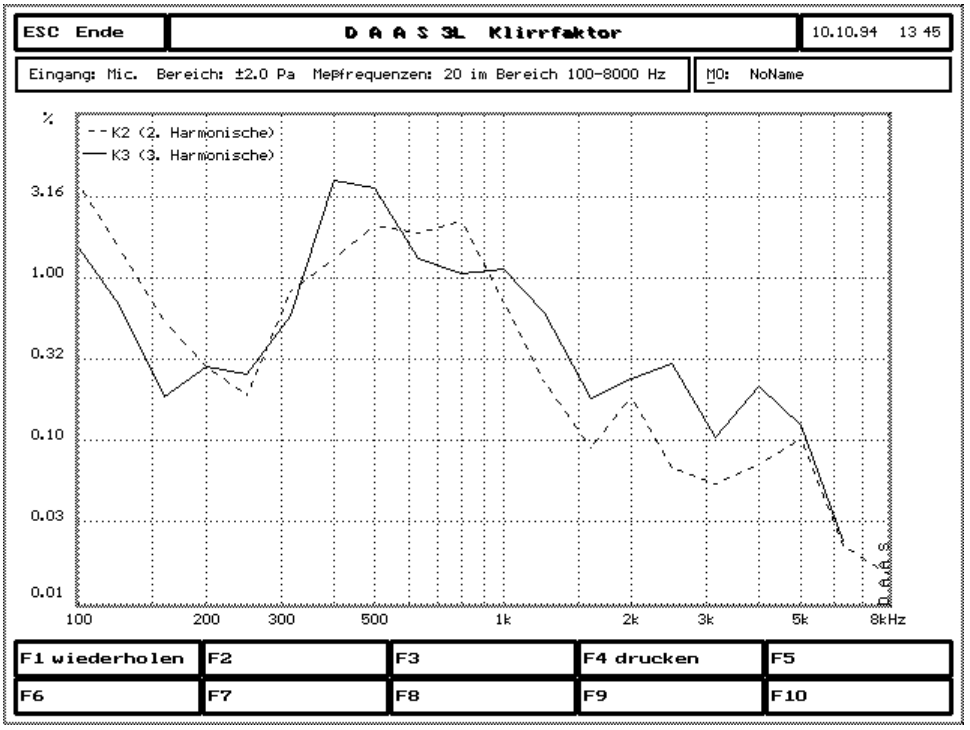
Analog/Digital- und Digital/Analog-Konverter ein spezieller Effekt (für Spezialisten: der "Picket Fence"-Effekt) der digitalen Signalverarbeitung ausgenutzt wird!

3.2.2 Klirrfaktorkurve

Häufig reicht die Bestimmung des Klirrfaktors bei einer Frequenz nicht aus. Bei der Konstruktion einer Lautsprecherbox zum Beispiel stellt sich das Problem, daß der Klirrfaktor eines Lautsprecherchassis an den Enden seines Übertragungsbereichs schlechter wird, so daß der Übertragungsbereich vom Klirrfaktor eingeschränkt wird. Hier wären mehrere Klirrfaktormessungen mit verschiedenen Frequenzen erforderlich.
Das Digitale Audio Analyse System ermöglicht eine einfache und schnelle Aufnahme einer Klirrfaktorkurve eines Lautsprechers mit maximal 20 Stützpunkten im Bereich 100 Hz bis 8 kHz.
Der Ablauf, die Hinweise und der Meßaufbau für die Aufnahme der Klirrfaktorkurve sind mit denen der Klirrfaktormessung im Wesentlichen identisch.
Wählen Sie die Aufnahme einer Klirrfaktorkurve über [F3] im Hauptmenü und [F2] in der folgenden Abfrage an.
Mit [F4] = "Meßfrequenz" können hier anstelle der Meßfrequenz die Frequenzgrenzen der Klirrfaktorkurve eingegeben werden. Die Anzahl der Stützpunkte (Meßfrequenzen) wird anhand des eingegebenen Frequenzbereichs bestimmt: es sind die Mittenfrequenzen der Terz-Reihe, also z.B. 100 Hz, 125 Hz, 160 Hz, 200 Hz usw..
Nach Start der Messung sollte ein dem folgendem ähnliches Bild erscheinen:



Die einzelnen Töne sind zu einem einzigen Bild zusammengebaut. Links bei 0 Millisekunden befindet sich die tiefste Frequenz, rechts die höchste. Nach Betätigung von [F1] = "Messung ok" erscheint nach einigen Berechnungen die Klirrfaktorkurve:



Angezeigt werden die Klirrfaktoren zweiter und dritter Ordnung.

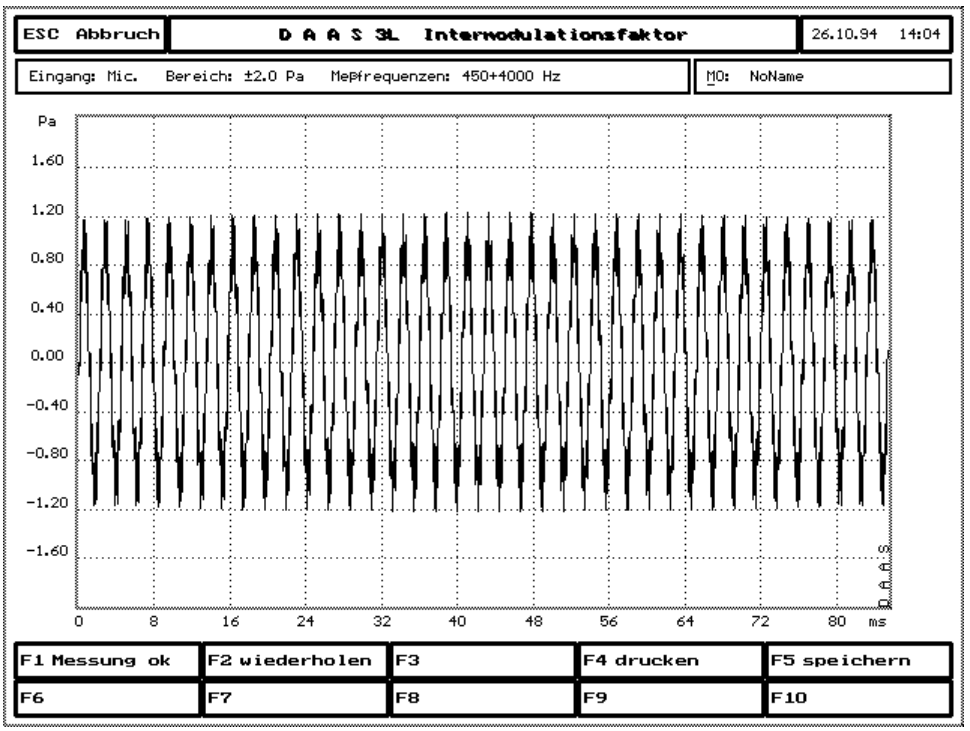
Die Anzahl der Stützpunkte kann auf Wunsch erhöht werden. Der Speicher- bzw. Festplattenspeicherbedarf und die Rechenzeit erhöhen sich dann entsprechend. Wenden Sie sich in diesem Fall bitte an Ihren Distributor.

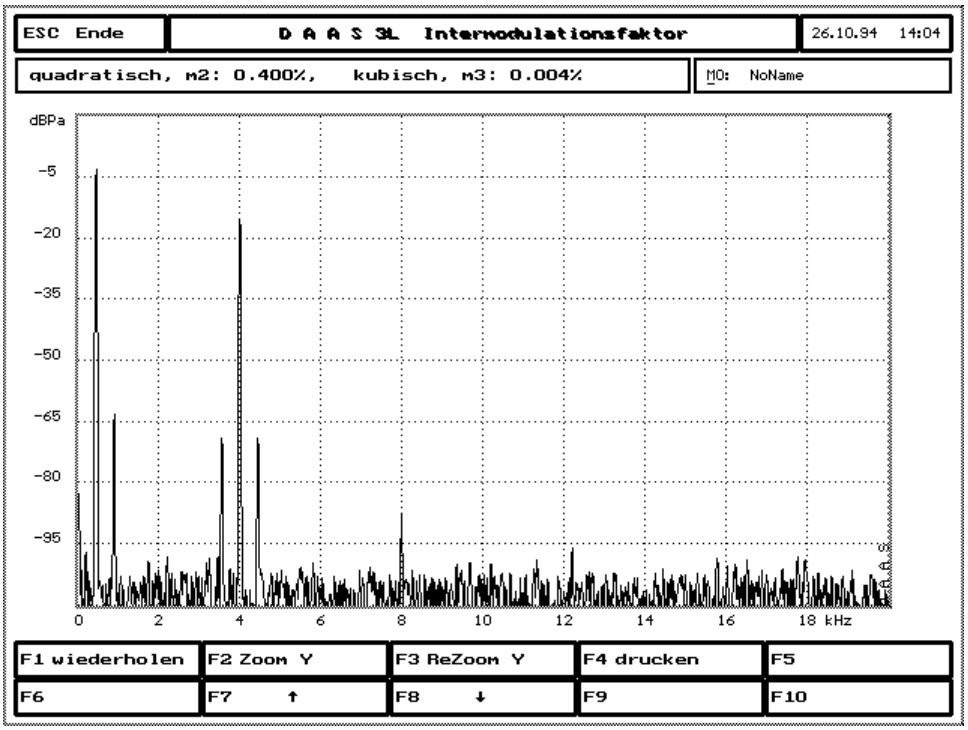
3.2.3 Intermodulationsfaktormessung

Da ein Übertragungsglied üblicherweise ein Gemisch vieler Schwingungen überträgt, entstehen nicht nur die Oberwellen dieser Sinusschwingungen, sondern auch eine Vielzahl von Summen- und Differenztönen, die besonders störend sind. Der Anteil der neu entstandenen Töne ist also höher als der Klirrfaktor angibt. Der Intermodulationsfaktor berücksichtigt dies.

Der Ablauf, die Hinweise und der Meßaufbau der Intermodulationsfaktormessung sind mit denen der Klirrfaktormessung identisch.

Das Digitale Audio Analyse System stellt für die Intermodulationsfaktormessung ein Kompositionssignal nach den Empfehlungen der DIN 45403.4 bereit.
Das Signal besteht aus zwei Tönen mit einem Amplitudenverhältnis von 4:1. Der Ton mit der größeren Amplitude ist frei wählbar im Bereich 100 Hz bis 1000 Hz. Der zweite Ton hat die feste Frequenz von 4 oder 5 kHz:

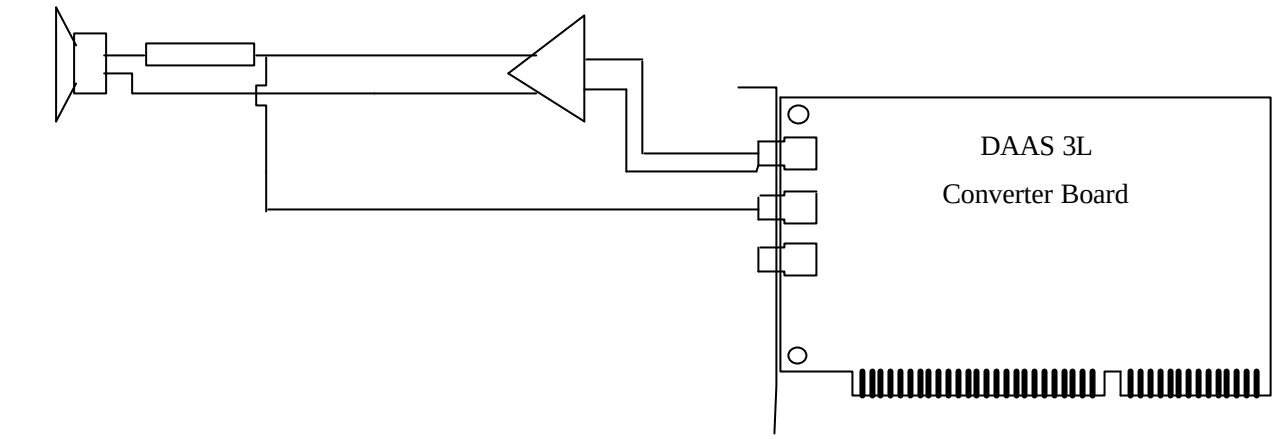




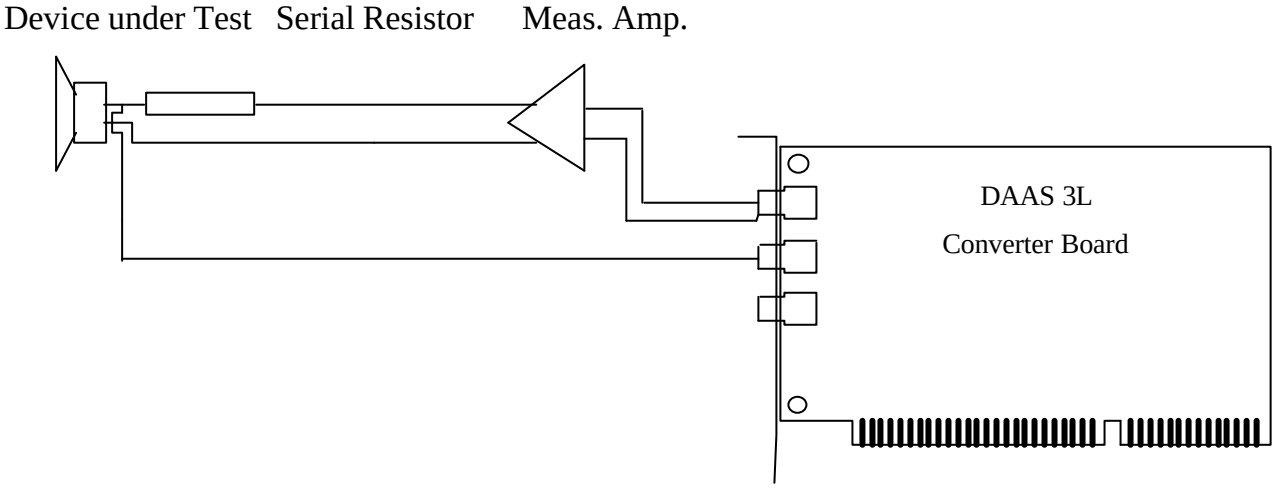
Ausgewertet werden die Intermodulationsprodukte zweiter und dritter Ordnung.
Die Auswertung erfolgt nach DIN 45403.4.
Die untere Meßgrenze ist im Vergleich zur Klirrfaktormessung etwas höher, weil wegen dem nach DIN empfohlenen Amplitudenverhältnis von U_1:U_2 = 4:1 der Referenzpegel U_2 12 dB unter der Aussteuergrenze liegt.

3.3 Impedanzmessung

Mit dem Digitalen Audio Analyse System DAAS können Sie den Impedanz- und Phasenverlauf einer Frequenzweiche, eines Lautsprechers oder eines anderen niederohmigen Zweipols über der Frequenz messen.
Wie die Frequenzgangmessung wird auch diese Messung in zwei Stufen durchgeführt.
Verbinden Sie für die Referenzmessung den Signalausgang "Out" über einen Widerstand 1 kΩ (±1%) mit dem Meßobjekt. Klemmen Sie den Meßeingang "Line" auf die Verbindung zwischen "Out" (bzw. Messverstärkerausgang) und Widerstand.

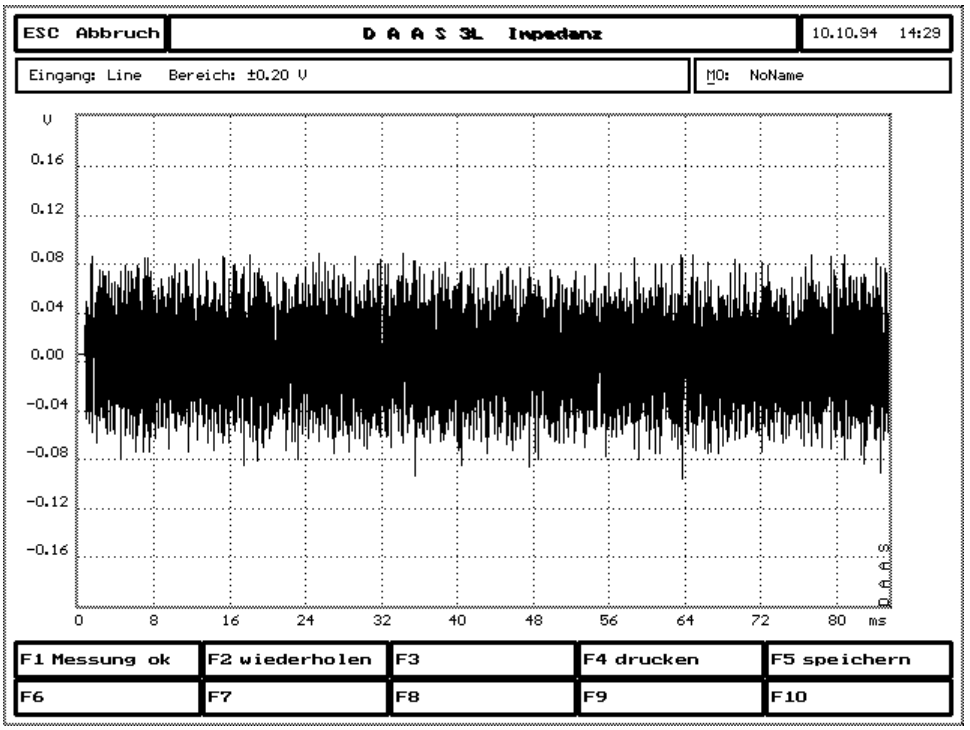


Stellen Sie die Ausgangspegeldämpfung auf 0 dB. Gestartet wird die Referenzmessung durch Drücken der Funktionstaste [F1]. Sie können unter der Voraussetzung, daß Meßaufbau, Meßpegel usw. unverändert sind, auch ein früher gemessenes Signal über [F5] laden (s. Kap. 6).
Nach erfolgter Referenzmessung drücken Sie [F1], um die Spektralanalyse des Referenzsignals zu starten.
Verbinden Sie nun den Meßeingang "Line" mit dem zu messenden Lautsprecher nach folgendem Bild:

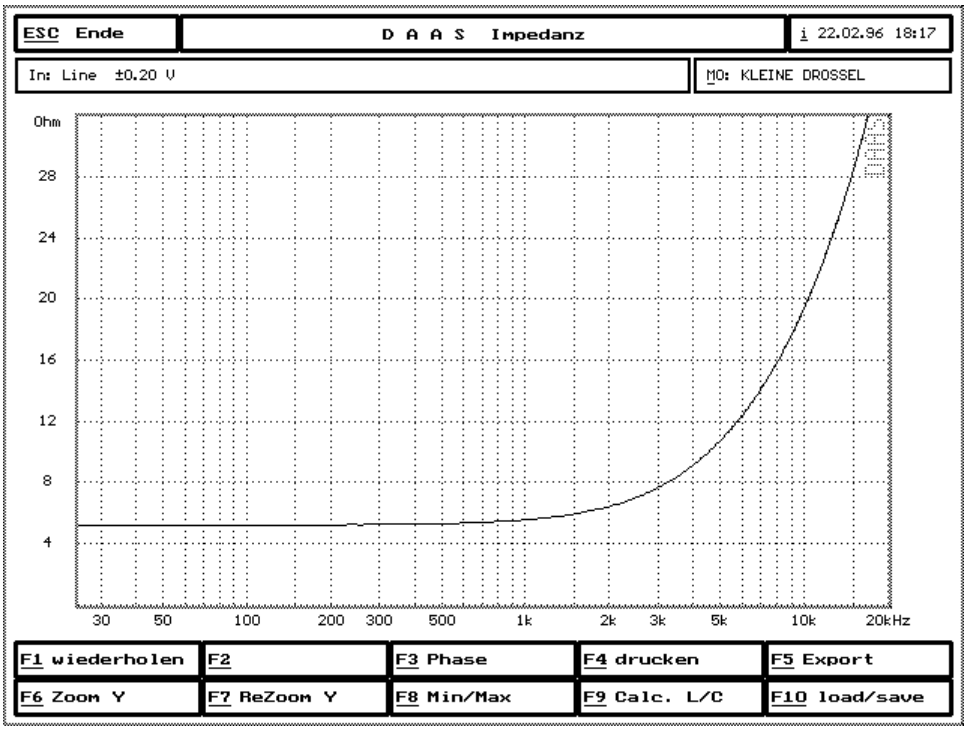


Klemmen Sie den Meßeingang "Line", wie im Bild gezeigt, direkt auf das Meßobjekt. So wird verhindert, daß die Zuleitung zum Meßobjekt mit gemessen wird.
Ist die Verkabelung fertig und die Spektralanalyse des Referenzsignals beendet, kann die eigentliche Messung beginnen.
Im Regelfall wird im 0,2 V-Bereich gemessen. Nur bei Widerständen größer etwa 100 Ohm kann die Warnung "Überschreitung des Meßbereichs" erscheinen und eine erneute Messung im 2 V-Bereich erforderlich werden.

Auch hier sollte das Signal etwa so aussehen:



Haben Sie für die Impedanzgangmessung das Testsignal "CHIRP.DAT" eingestellt, erscheint anstelle des Rauschsignals natürlich der Gleitsinus.
Über die Taste [F5] haben Sie auch hier die Möglichkeit, Meßsignale zu speichern und zu laden. Die Handhabung ist im Kapitel "Laden und Speichern von Signalen" beschrieben.
Ist das Signal nicht zu groß (Warnung erscheint) oder zu klein, drücken Sie [F1], und nach einigen Berechnungen erscheint der Frequenzverlauf der Impedanz.
Eine Beispielmessung an einer kleine Drosselspule ergab folgenden Impedanzverlauf:



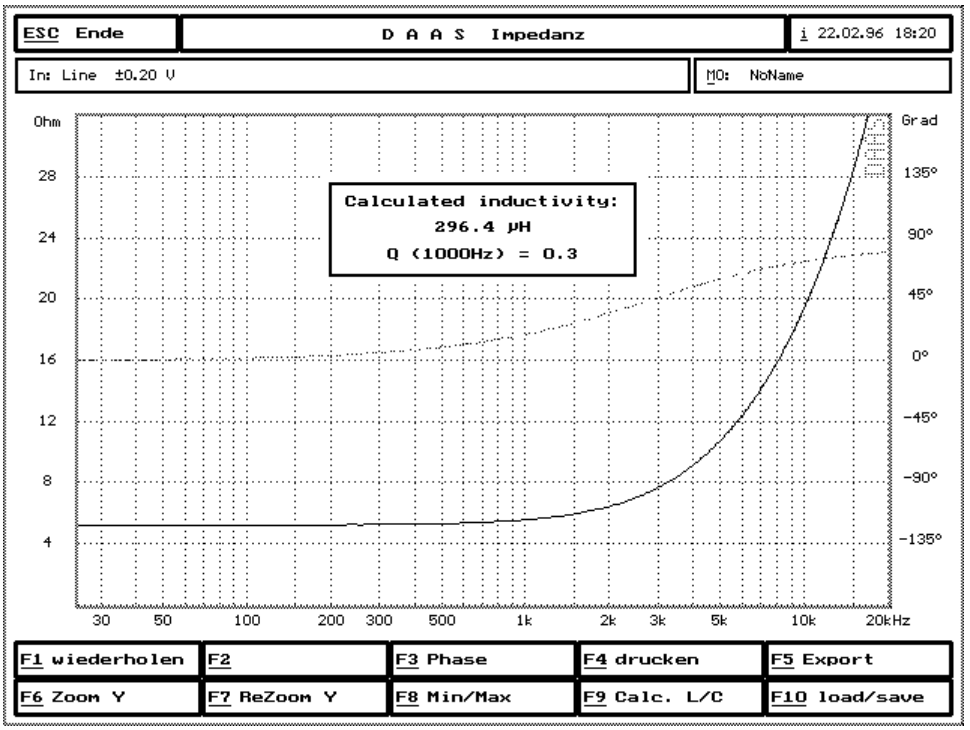
Über die Funktionstasten [F6] und [F7] können Sie die Skalierung von 1 Ohm/Div bis 32 Ohm/Div verändern.
Durch Drücken von [F3] wird der Phasengang der Impedanzkurve berechnet und angezeigt.
Die Taste [F10] ist mit "load/save" belegt. Über diese Funktion ist es möglich, einen Impedanzgang als Kurve abzuspeichern und später wieder hochzuladen. Eine hochgeladene Kurve wird in das Bild nachträglich eingezeichnet, die vorhandene(n) Kurve(n) wird (werden) nicht gelöscht.
Es können beliebig viele Kurven hochgeladen und zur Anzeige gebracht werden. Da der Dateiname aus den ersten beiden Buchstaben des Meßobjektherstellers und den ersten sechs Buchstaben des Meßobjekttyps gebildet wird, muß vor Speicherung das Meßobjekt benannt werden.

Im Startmenü der Impedanzmessung kann der Vorwiderstand über [F10] verändert werden (Grundeinstellung: 1 kΩ).
Wichtig: Der eingestellte Widerstandswert geht in die Impedanzberechnung ein, so daß beim Hochladen mit anderen Vorwiderständen gemessener Signale falsche Impedanzwerte angezeigt werden!
Bei Vorwiderständen kleiner 600 Ω sollte zwischen "Out" und Vorwiderstand ein Meßverstärker geschaltet werden. Stellen Sie in diesem Fall eine Ausgangspegeldämpfung von etwa 20 dB ein. Den Lautstärkesteller des Verstärkers stellen Sie dann bei der Referenzmessung so ein, daß die Signalspitzen mindestens 5 Volt erreichen.

Anmerkung: Sollte die gemessene Impedanzgangkurve von Störkomponenten überlagert sein, ist das Meßobjekt nicht linear, d.h. es ändert seine Impedanz mit der Höhe der anliegenden Spannung. Insbesondere scheint die Impedanz vieler Lautsprecher aussteuerungsabhängig zu sein. Wählen Sie in diesem Fall als Testsignal den Gleitsinus "CHIRP.DAT" (s. Kap. 9.2). Der Gleitsinus stellt eine konstante Aussteuerung bzw. Auslenkung der Membrane während der gesamten Messung sicher.

3.3.1 Induktivität und Kapazität

Aus Impedanz- und Phasenkurven können auch Kapazitäts- und Induktivitätswerte von Kondensatoren und Spulen berechnet werden. Durch Drücken von [F9] wird die Berechnung gestartet. Zuerst wird wird versucht, eine Induktivität zu bestimmen. Hierfür wird der Punkt gesucht, and dem die Phase größer +45 Grad ist. Aus der Impedanz wird dann die Induktivität bestimmt. Ist die Suche nach einem +45 Grad-Punkt erfolglos, wird nach einem -90 Grad Punkt gesucht. Aus der Impedanz an dem -90 Grad Punkt wird dann die Kapazität bestimmt. Das folgende Bild zeigt die Impedanz- und Phasenkurve sowie die berechnete Induktivität einer kleinen Festinduktivität:



Der Meßbereich beträgt für Induktivitäten etwa 6 µH bis etwa 10 mH und für Kapazitäten etwa 1 µF bis 100 µF. Bei großen Induktivitäten und Kapazitäten muß die Abtastrate reduziert werden.

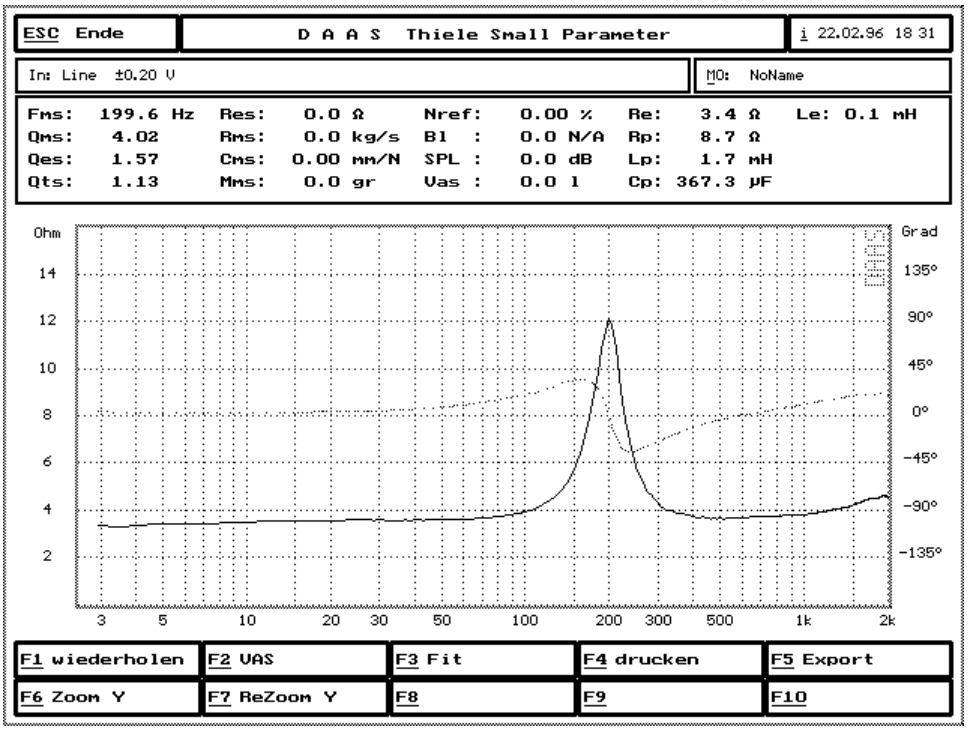
3.3.2 Datenexport

Der Impedanz- und Phasengang läßt sich zur Archivierung und Weiterverarbeitung mittels Anwenderprogrammen, Datenbanken und diverser Lautsprecher-CAD-Programmen speichern. Das Datenformat ist entweder ein ASCII-Format (CALSOD, AudioCad oder AkAbak, kann mit jedem Texteditor gelesen werden) oder kundenspezifisch, und dann in einer mitgelieferten Textdatei (Dateiendung "TXT" oder "DOC") beschrieben.

Durch Drücken der Taste [F5] oder Betätigung der linken Maustaste im Feld "F5" wird die Export-Funktion angewählt.
Der Dateiname der Exportdatei wird aus den ersten drei Buchstaben des Meßobjektherstellers und den ersten fünf Buchstaben der Meßobjektbezeichnung abgeleitet. Drücken Sie zum Benennen des Meßobjekts die Tastenkombination [Alt]+[M] oder betätigen Sie im Feld MO die linke Maustaste, und geben Sie dann die Meßobjektdaten (Hersteller und Bezeichnung) ein.

3.4 Thiele Small Parameter

Die Thiele Small Parameter werden im Digitalen Audio Analyse System über die Impedanzgangkurve berechnet. Wählen Sie im Hauptmenü die Thiele Small Parameter Messung mit [F3] an. Führen Sie nun eine Impedanzgangmessung, wie im Kap. 3.3, Impedanzmessung, beschrieben, durch.
Nach erfolgreicher Impedanzgangmessung wird der Gleichstromwiderstand des Lautsprechers abgefragt. Das Digitales Audio Analyse System kann den Gleichstromwiderstand nicht messen, sondern nur aus den Impedanzwerten bei sehr niedrigen Frequenzen interpolieren. Verläuft die Impedanzkurve im Bereich tiefer Frequenzen sehr flach, kann der vom Digitales Audio Analyse System ermittelte und in der Abfragebox angegebene Wert als richtig angenommen werden. Im Zweifelsfall sollte der Gleichstromwiderstand mit einem genauen Ohm-Meter bestimmt und eingegeben werden.
Die drei Güten Qms, Qes und Qts sowie die Resonanzfrequenz werden dann direkt berechnet.



Die Abtastrate ist auf 6 kHz voreingestellt. Mit Ausnahme der Messung von Hochtonlautsprechern ist es grundsätzlich empfehlenswert, die Abtastrate auf 6 kHz zu stellen. Die Zuverlässigkeit der Ergebnisse steigt insbesondere bei Tieftonlautsprechern erheblich.
Werden Messungen mit einem Vorwiderstand kleiner 600 Ohm durchgeführt, ist es erforderlich, einen geeigneten Leistungsverstärker nachzuschalten.

Bei Messung der Thiele Small Parameter können folgende Fehlermeldungen auftreten:

❑ "Nulldurchgang der Phase/Impedanzmaximum nicht gefunden oder . . .".
Ursachen:
1. Das Maximum der Impedanzgangkurve liegt oberhalb 1400 Hz bei 6 kHz Abtastrate bzw. 3000 Hz bei 48 kHz Abtastrate.
2. Der Nulldurchgang der Phase liegt nicht im Bereich des Impedanzmaximums (weiter als 2 * Resonanzfrequenz / Abtastrate * FFT-Länge von der Resonanzfrequenz (=Impedanzmaximum) entfernt). Dies tritt vor allem dann auf, wenn Lautsprecher zwei dicht nebeneinanderliegende Resonanzstellen aufweisen.

❑ "Die Frequenzauflösung ist zu gering . . . ".
Ursache: Für die eingestellte Frequenzauflösung liegt das Impedanzmaximum zu tief, die Meßfehler würden zu groß werden. Reduzieren Sie die Abtastrate.

❑ "Resonanzfrequenz ist ungleich $\sqrt{f_1 * f_2}$. . . ".
Ursache: Die Resonanzfrequenz (Frequenz des Impedanzmaximums) liegt nicht im Bereich des geometrischen Mittels der Frequenzen f_1 und f_2. Theoretisch sollte diese Forderung erfüllt sein, praktisch ist dies aber nicht bei allen Lautsprechern der Fall.

3.4.1 Hilfreiche Hinweise zur Thiele-Small-Parameter-Messung

Verwenden Sie zur Messung von Konuslautsprechern ab etwa 13cm Durchmesser Vorwiderstände deutlich kleiner 1 KOhm. Mit zu kleinen Meßströmen (=zu kleiner Auslenkung) ergeben sich bei der Messung von Baßlautsprechern nicht praxisgerechte TS-Werte (zu hohe Resonanzfrequenz, zu kleines Vas). Empfohlen wird ein Wert im Bereich 200 bis 470 Ohm. Besonders empfehlenswert ist, den zu prüfenden Lautsprecher vor der Messung „einlaufen“ zu lassen, denn seine endgültigen mechanischen Werte erreicht ein neuer Lautsprecher im normalen Hörbetrieb erst nach geraumer Zeit. Um diese Zeit abzukürzen, speisen Sie den Lautsprecher mit einem ein Sinussignal im Bereich 15 bis 20 Hz oder mit einem Rauschsignal. Die „Einlaufzeit“ sollte etwa 24 Stunden betragen. Achten Sie unbedingt auf die Aussteuerung des Lautsprechers! Der Schwingspulenträger darf nicht durch mechanisches Anschlagen beschädigt werden. Der treibende Generator sollte aufgrund der hohen Leistungsentnahme auch in der Lage sein, die Einlaufzeit thermisch zu überstehen. Denken Sie insbesondere an eine mögliche Brandgefahr - schließlich läuft der Generator eine lange Zeit ohne Aufsicht. Bitte denken Sie auch an Lärmschutzmaßnahmen während der Einlaufzeit. Entfernen Sie Kinder und Haustiere aus der Umgebung des einlaufenden Lautsprechers.

3.4.2 VAS-Messung

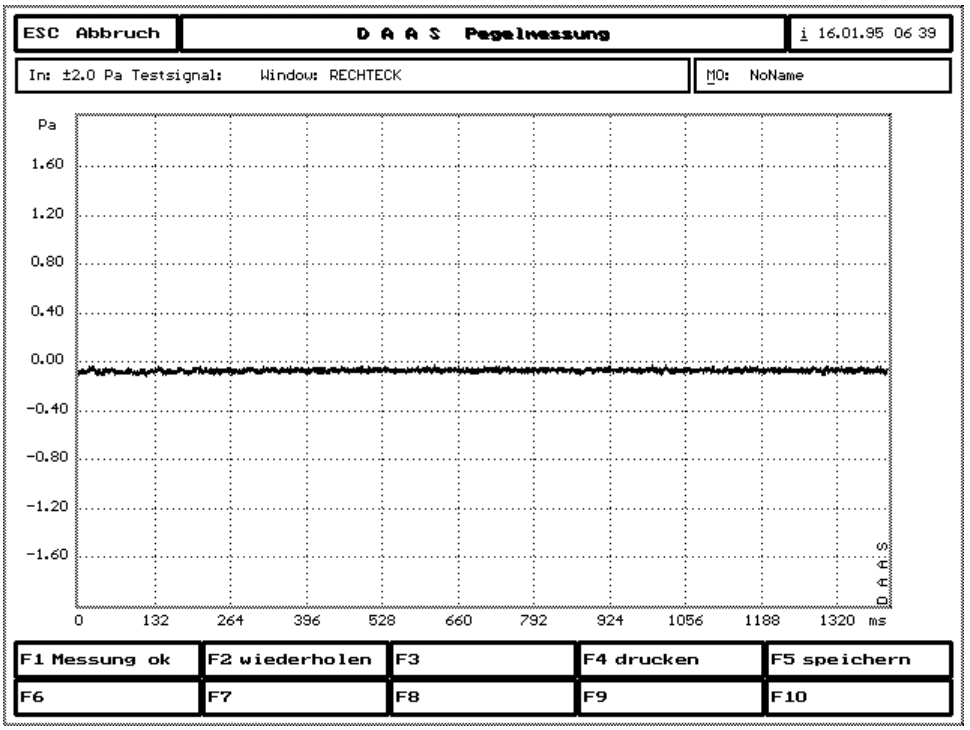
Zur Messung bzw. Berechnung des Äquivalentvolumens VAS und weiterer Kennwerte wie Kraftfaktor Bl, SPL, Cms, Mms usw. drücken Sie nach erfolgreicher Messung der "normalen" Parameter [F2] für "VAS". Die Impedanzgangmessung wird dann wiederholt, wobei eine kleine Zusatzmasse auf der Membrane des Lautsprecherchassis angebracht oder der Lautsprecher in ein geschlossenes Gehäuse mit bekanntem Volumen eingebaut werden muß. Nach erfolgter Messung werden Durchmesser des Lautsprecherchassis in Millimeter, gemessen von Sickenmitte zu Sickenmitte, und Masse (Gewicht) des Zusatzgewichts bzw. das Volumen des Gehäuses abgefragt und die Parameter berechnet.

Als Zusatzmasse eignet sich z.B. Knetmasse. Diese läßt sich zu einem Ring formen und relativ sicher sowie vibrationsarm auf der Membrane des Lautsprechers andrücken, am besten rund um die Staubschutzkalotte. Harte Materialien eignen sich

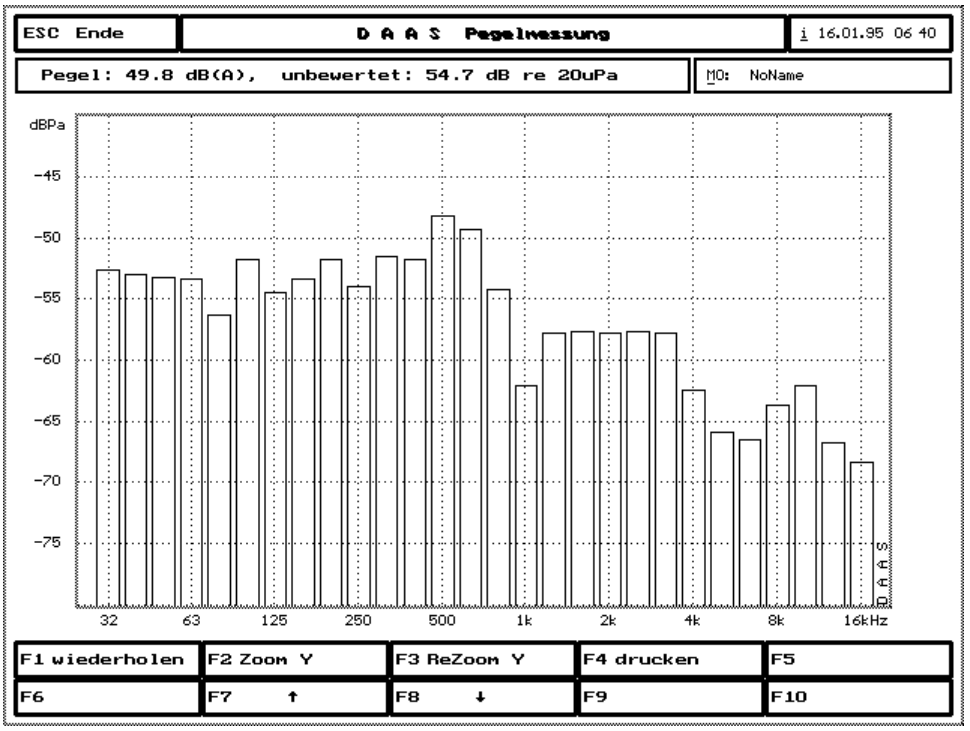
hier nicht; sie "federn" auf der Membrane und liefern unter Umständen falsche Ergebnisse. Eine Masse (Gewicht) in der Größenordnung von ca. 10 - 15 Gramm für kleinere Lautsprecher (Konusmitteltöner, kl. Baßchassis) und etwa 30 Gramm oder mehr für große Lautsprecher (größer 30 cm Durchmesser) ergibt praktikable Ergebnisse. Schwere Membranen müssen mit höheren Gewichten beaufschlagt werden, und umgekehrt. Tip: Lassen Sie Ihr Ersatzgewichtstück vorher einmal sehr genau auswiegen, denn die Meßgenauigkeit und Auflösung der meisten Briefwaagen reicht nicht aus (eine Apothekerwaage ist hier sicher besser geeignet). Messen Sie möglichst mit senkrecht stehendem Lautsprecher, dies entspricht auch der normalen Einbaulage. In waagerechter Lage würde die Lautsprechermembrane durch das Ersatzgewicht schon mechanisch "vorgespannt", was unter Umständen Verfälschungen mit sich bringen könnte. Hier ist die Verwendung von Knetmassen besonders interessant, da diese bei einer senkrechten Lautsprecherlage nicht so leicht von der Membran herunterfallen.

3.5 Pegelmessung

Mit dieser Messung können Sie Rauschpegel und Signal/Rausch-Abstände von Verstärkern und Recordern bestimmen (mit oder ohne A-Bewertung), und Sie können Schallpegel (dB(A) und dB re 20µPa = dBSPL) messen.
Weiterhin können Sie für die Frequenzgangmessung Meßpegeleinstellungen vornehmen. Dies ist sinnvoll, wenn Sie z.B. einen Lautsprecher mit einem bestimmten Pegel speisen oder einen bestimmten Schalldruckpegel am Meßort (Position des Mikrophons) einstellen wollen.
Die Messung von Rauschpegeln ist sehr einfach: Sie schließen das zu messende Gerät an "Line" an bzw. bringen das Meßmikrophon an die zu messende Stelle. Wählen Sie entsprechend der Messung über [F2] den Eingang und die Eingangsempfindlichkeit aus. Ihnen stehen die beiden Meßbereiche ±2 Pa und ±8 Pa für akustische Messungen und die drei Meßbereiche ±0.2 V, ±2 V und ±20 V für elektrische Messungen zur Verfügung. Über [F5] kann auch ein früher gemessenes Signal geladen werden).
Mit [F1] wird die Messung gestartet und der Signalverlauf angezeigt.



Nach Bestätigung "Messung ok" wird der Pegel berechnet und angezeigt.
Das folgende Bild zeigt das Terz - Spektrum und die gemessenen Pegel an einem PC-Gehäuse:



Um z.B. den Signal/Rausch-Abstand eines Verstärkers zu bestimmen, speisen Sie den Verstärker mit einem Sinus-Signal (z.B.: 1 kHz), und messen den Pegel am Ausgang (20 V - Bereich, Verstärker mit Lastwiderstand abschließen!). Erhöhen Sie die Lautstärke und wiederholen Sie die Messung so lange, bis die Ausgangsspannung des Verstärkers gerade noch nicht begrenzt wird. Notieren Sie den Pegel. Schalten Sie das Signal am Eingang ab, und messen Sie nun das Rauschen des Verstärkers im 0,2 V - Bereich.
Die Differenz der beiden Pegel ist der Signal/Rausch-Abstand (S+N/N), A-bewertet und linear bewertet.
Sollten weitere Bewertungskurven (B, C, D, P.53/ O.41 o. a.) erforderlich sein, wenden Sie sich bitte an Ihren Distributor oder Fachhändler.

Sie können als Signalgenerator auch den internen Generatorteil verwenden. Wählen Sie nach Anwahl der Pegelmessung über [F6] im Hauptmenü den Menüpunkt "Parameter" über [F10] an. Hier können Sie dann u.a. das Testsignal einstellen. Es steht dann an der Buchse "Out" an. Über [F3] = "Ausgang" kann der Pegel des Testsignals verändert werden.
Zur Meßpegeleinstellung für die Frequenzgangmessung wählen Sie in das Meßsignal an, welches auch für die Frequenzgangmessung eingestellt ist. Verbinden Sie dann "Line" mit dem Verstärkerausgang (oder mit "Out", wenn kein Verstärker benutzt wird) bzw. verbinden Sie den Verstärkerausgang mit dem Lautsprecher und positionieren Sie das Mikrophon (bei akustischen Messungen). Stellen Sie den Pegel mit dem Lautstärkesteller des Verstärkers bzw. über [F3] = Ausgang ein und starten Sie die Messung. Verändern Sie die Pegeleinstellung Ihren Wünschen entsprechend und wiederholen Sie die Messung so lange, bis der gewünschte Pegel eingestellt ist. Sie können nun die Frequenzgangmessung mit dem eingestellten Pegel durchführen.

Nach Anwahl der Pegelmessung über [F6] im Hauptmenü können über [F10] = "Parameter" Testsignal, Anzahl Mittelungen und das Bewertungsfenster eingestellt werden. Die Anzahl Mittelungen kann im Bereich 1 bis 36 verändert werden. Zur Messung externer Signale (Rauschen, Geräusche, Lärm usw.) sollte eine hohe Mittelungszahl (-zeit), und bei Verwendung interner Signale eine Mittelungszahl im Bereich 2 bis 8 eingestellt werden.
Für die Analyse harmonischer Signale (Sinus- bzw. tonale Signale) ist das "HANN"-Window und für alle anderen Signale (Rauschsignale, Geräusche usw.) das "RECHTECK"-Window geeignet. Bei Einstellung des "HANN"-Windows wird automatisch eine Überlappung der Zeitsignale von 66 % eingestellt.

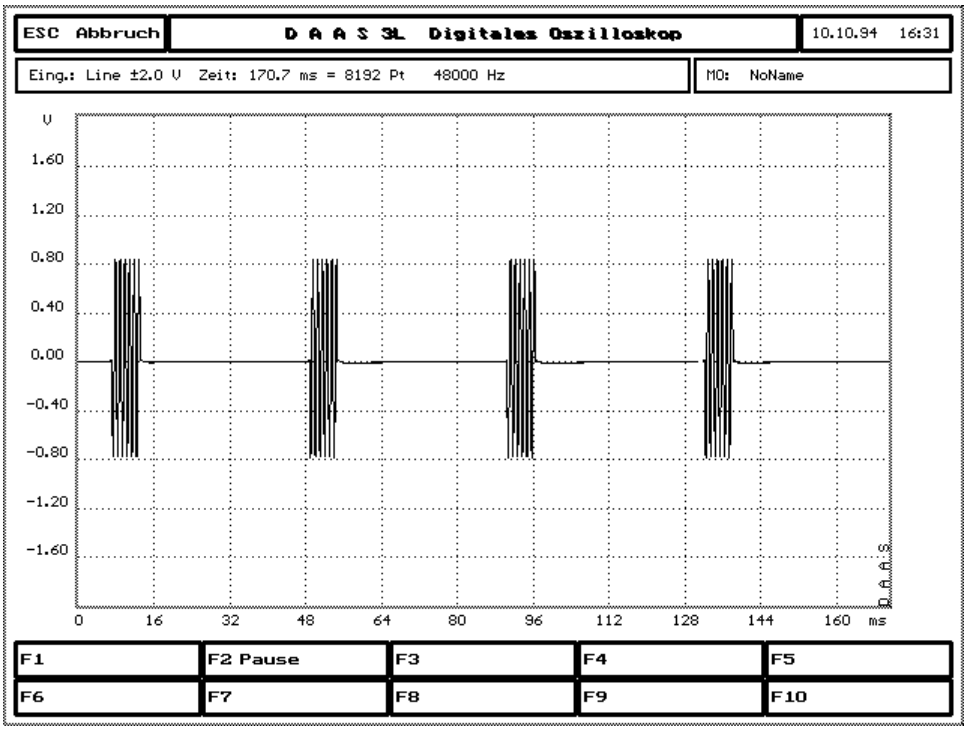
3.6 Oszilloskop

Mit der Funktion Oszilloskop können Sie Zeitsignale im Audio-Bereich bis 20 kHz und transiente (einmalige) Vorgänge bis zu einer Länge von etwa 5,5 Sekunden darstellen und ausdrucken.
Synchron mit dem Oszilloskop wird das im Menü "Parameter" oder über [F5] angewählte Testsignal ausgegeben.
Wählen Sie das Oszilloskop im Hauptmenü mit [F7] an. Im daraufhin erscheinenden Menü können Sie die Meß-Parameter einstellen:

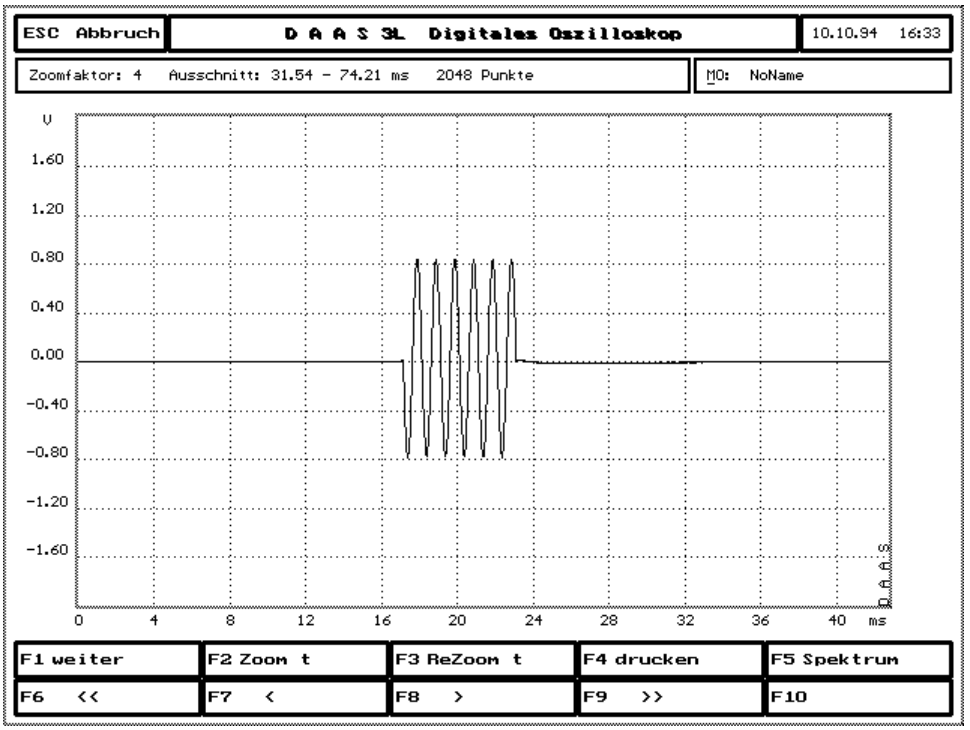
F1 Start	F2 Eingang	F3 Ausgang	F4 Zeit +	F5 Testsignal
F6	F7	F8	F9 Zeit -	F10 Abtastrate

Über [F2] können Sie den Eingang und die Eingangsempfindlichkeit auswählen. Zur Verfügung steht der Mikrophoneingang mit den beiden Bereichen ±2 Pa und ±8 Pa und der Line-Eingang mit den Spannungsbereichen ±0.2 V, ±2 V und ±20 V.
Bei Verwendung eines Testsignals vom Digitalen Audio Analyse System kann der Ausgangspegel über [F3] oder durch Verändern der Lautstärkeeinstellung des Verstärkers eingestellt werden.

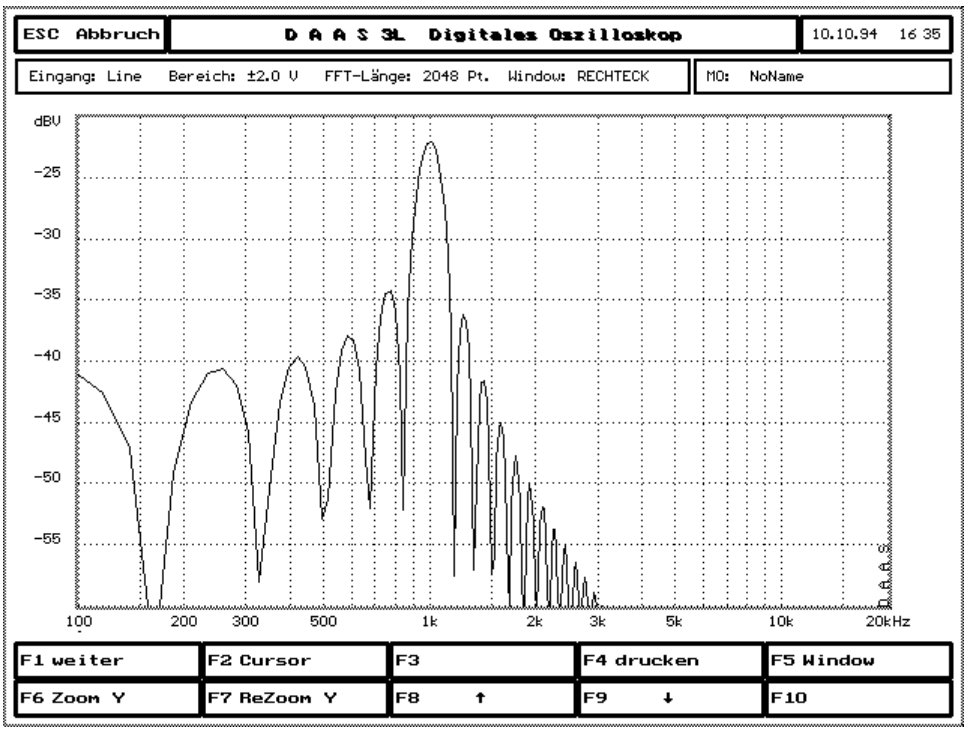
Den Zeitbereich (Anzahl zu messender Punkte) ändern Sie mit [F4] (minimal 5 ms und maximal 680 ms bei 48 kHz Abtastrate, mit reduzierter Abtastrate bis maximal 5,5 s).
Die Abtastrate (Anzahl der Abtastpunkte je Sekunde) läßt sich über [F10] von 48 kHz auf 6 kHz reduzieren. Die Meßzeit sowie die Frequenzauflösung einer ev. Spektralanalyse erhöht sich entsprechend um den Faktor 8.
Alle Parameter werden in der Infozeile angezeigt.
Mit [F1] wird die Messung gestartet.



Die Messung wird so lange wiederholt, bis Sie [ESC] für Abbruch oder [F2] für Pause betätigen.
Wird Pause angewählt, wartet das System mit dem Wiederholen/Fortgang der Messung so lange, bis [F1] für "weiter" gedrückt wird:



Im "Pause"-Modus können Sie das gemessene Signal mittels [F4] ausdrucken. Interessante Signalausschnitte können gespreizt dargestellt werden. Drücken Sie [F2] zur Vergrößerung und [F3] zur Verkleinerung des Spreizfaktors. Mit [F6], [F7], [F8] und [F9] können Sie durch das Signal "wandern" und ein interessantes Stück vergrößert darstellen (und ausdrucken). Mit [F7] und [F8] wird der Ausschnitt um einen Abtastpunkt, und mit [F6] und [F9] um den halben sichtbaren Ausschnitt verschoben.
Alternativ können auch die Cursortasten ([←], [→], [Ctrl]+[←] und [Ctrl]+[→]) zur Verschiebung des Signalausschnitts benutzt werden.
Der Spreizfaktor und die Lage des angezeigten Signalausschnitts im gesamten Signal wird oben in der Infozeile angezeigt.
Über [F5] können Sie an dem angezeigten Signalausschnitt eine Spektralanalyse durchführen:



Über [F2] können Sie mit einer Markierung über die Frequenzkurve "fahren" und Amplituden- und Frequenzwerte auslesen. Mit [F5] kann das Bewertungsfenster und mit [F6], [F7], [F8] und [F9] der sichtbare Ausschnitt geändert werden. Diese Funktionen sind mit denen des Spektralanalysators identisch und im Kapitel 3.7 ("Spektrumanalysator") näher beschrieben.

3.7 Spektrumanalysator

Mit dem Spektrumanalysator können Sie Spektren von Zeitsignalen im Audio-Bereich bis 20 kHz und transienten (einmaligen) Vorgängen bis zu einer Länge von 4096 Punkten entsprechend etwa 680 Millisekunden berechnen, darstellen und ausdrucken.
Synchron mit dem Spektrumanalysator wird das im Menü "Parameter" oder über [F5] angewählte Testsignal ausgegeben. Bei Verwendung eines speziellen Testsignals verbunden mit entsprechenden Einstellungen des Spektrumanalysators lassen sich Frequenzgangmessungen laufzeitunabhängig und ohne Referenzmessung durchführen (s. unten).

Wählen Sie den Spektrumanalysator im Hauptmenü mit [F8] an. Im daraufhin erscheinenden Menü können Sie die Analyse-Parameter einstellen:

F1 Start	F2 Eingang	F3 Ausgang	F4 FFT-Params	F5 Testsignal
F6 Zoom Y	F7 ReZoom Y	F8 ↑	F9 ↓	F10 Abtastrate

Über [F2] können Sie den Eingang und die Eingangsempfindlichkeit auswählen. Zur Verfügung steht der Mikrophoneingang mit den beiden Bereichen ±2 Pa und ±8 Pa und der Line-Eingang mit den Spannungsbereichen ±0.2 V, ±2 V und ±20 V. Bei Verwendung eines Testsignals vom Digitalen Audio Analyse System kann der Ausgangspegel über [F3] oder durch Verändern der Lautstärkeeinstellung des Verstärkers eingestellt werden. Das gewünschte Signal muß unter [F5] oder unter Menüpunkt "Parameter" im Hautmenü eingestellt werden und steht dann synchron mit dem Meßzyklus an "Out" bereit.
Über [F4] können Analyselänge (Länge der FFT), Bewertungsfenster (Window), die Glättungsfunktion und die Anzahl/Art der Mittelungen gewählt werden.
Die Analyselänge bzw. FFT-Länge kann im Bereich 512 bis 4096 Punkte eingestellt werden.
Folgende Bewertungsfenster (Windows) stehen zur Verfügung:

- Rechteck (für transiente Vorgänge),
- Hann (für allgemeine Anwendungen),
- Kaiser (mit B=10.056, Side-Lobe-Dämpfung etwa 100 dB),
- Flat Top (für exakte Amplitudenbestimmung).

Voreingestellt ist das RECHTECK-Window.

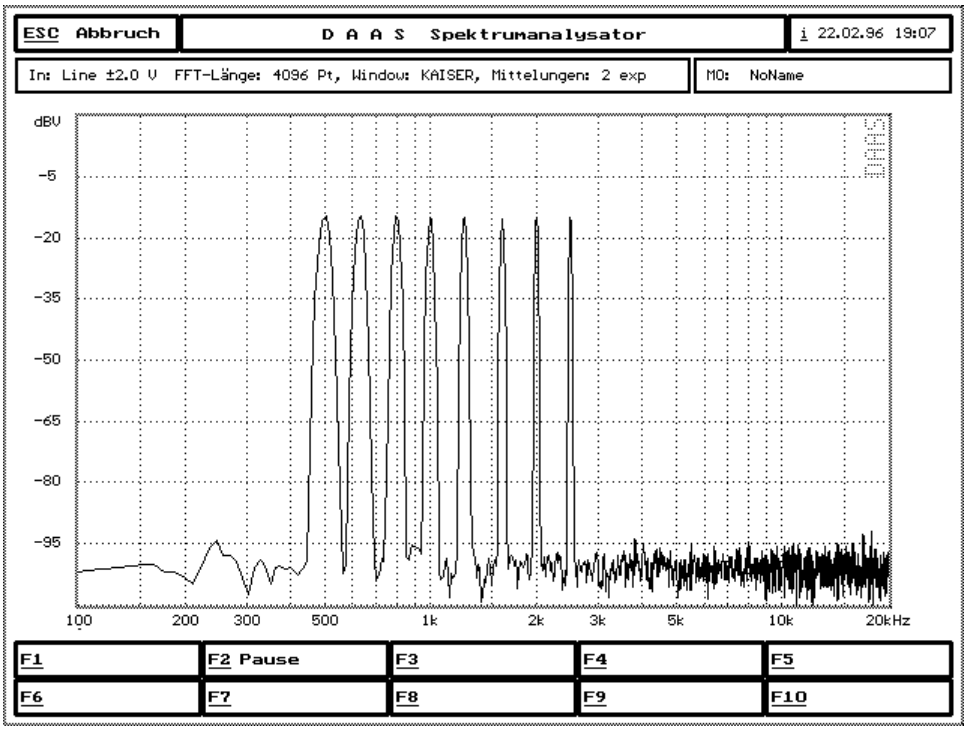
Die Funktion "Glättung" ist für spezielle Anwendungsfälle vorgesehen (s.u. "Frequenzgangmessung fast in Echtzeit"), und sollte normalerweise auf "Aus" stehen.
Achtung: Die Glättungsfunktion "Terz" ist ist eine Glättung auf Terz-Bandbreite in Verbindung mit einer Terz-Balken-Darstellung, und entspricht nicht einem Terzspektrum! In einem Terzspektrum erscheint Weißes Rauschen mit einem 3 dB-Anstieg pro Octave, bei der Terz-Glättung ist dies nicht der Fall.

Die verschiedenen Mittelungseinstellungen haben folgende Bedeutung:

- "Exp": Exponentielle Mittelung, 2 bis 16 Mittelungen, Durchlaufbetrieb;
- "Lin": Lineare Mittelung, 2 bis 999 Mittelungen, nach Erreichen der eingestellten Anzahl Mittelungen geht der Spektrumanalysator in den "Pause"-Mode;
- "None": keine Mittelung, Durchlaufbetrieb.

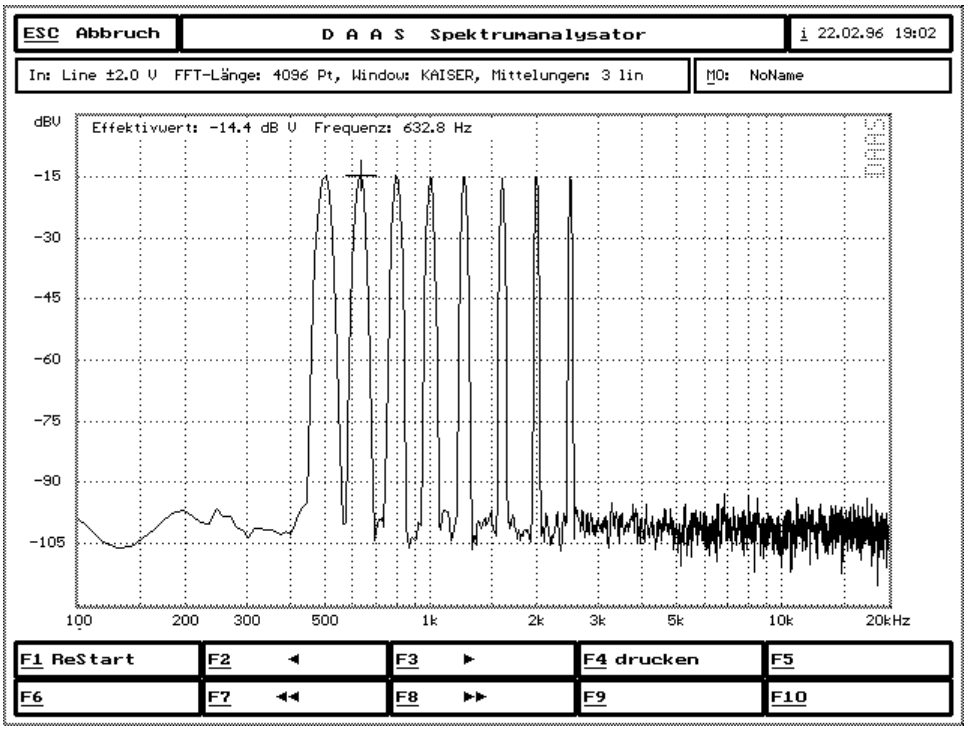
Mit [F6], [F7], [F8], und [F9] können Sie einen gewünschten Fensterausschnitt einstellen.

Mit [F1] wird die Messung gestartet:



Die Messung wird so lange wiederholt, bis [ESC] für Abbruch bzw. [F2] für Pause betätigt wird oder die eingestellte Anzahl Mittelungen erreicht wird (nur bei linearer Mittelung "Lin"). Das Anklicken der Felder [ESC] oder [F2] mit der linken

Maustaste ist hier nur möglich, wenn DAAS nicht mit der Aktualisierung der Ausgabe oder mit der Berechnung des Spektrums beschäftigt ist. Drücken Sie die Maustaste so lange, bis die Aktualisierung/Berechnung beendet ist.
Nach Drücken der "Pause"-Taste wird die Messung unterbrochen und eine Markierung im Maximum des Spektrums eingezeichnet. Gleichzeitig wird die Frequenz und der Effektivwert dieses Maximums oben in der Infozeile angezeigt:



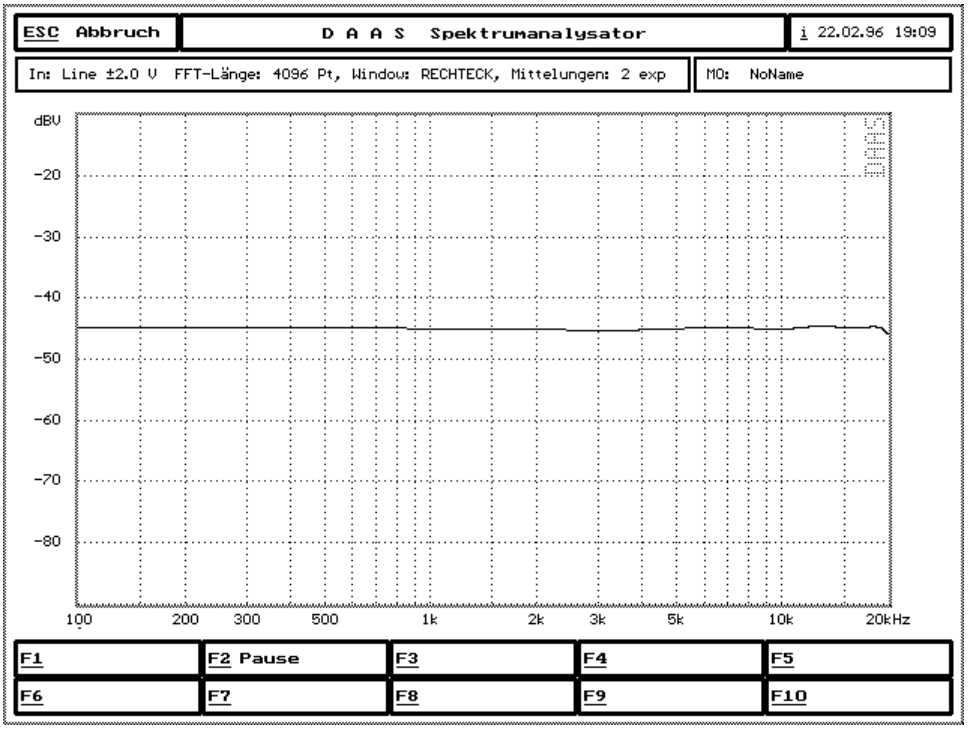
Die Markierung kann nun mittels den dafür vorgesehenen Tasten [F2], [F3], [F7] und [F8] frei verschoben werden. Die Anzeige des Effektivwerts und der Frequenz wird dabei laufend aktualisiert.
Anstelle der Funktionstasten können auch die Cursortasten (Pfeiltasten [←], [→], [Ctrl]+[←] und [Ctrl]+[→]) benutzt werden.

Das System wartet mit dem Wiederholen/Fortgang der Messung so lange, bis [F1] für "ReStart" gedrückt wird. Mit [F4] kann ein Ausdruck erstellt werden. Wird [ESC] gedrückt, gelangen Sie in das vorherige Menü. Sie können nun die Parameter (Eingang, Bereich usw.) verändern und neu starten.

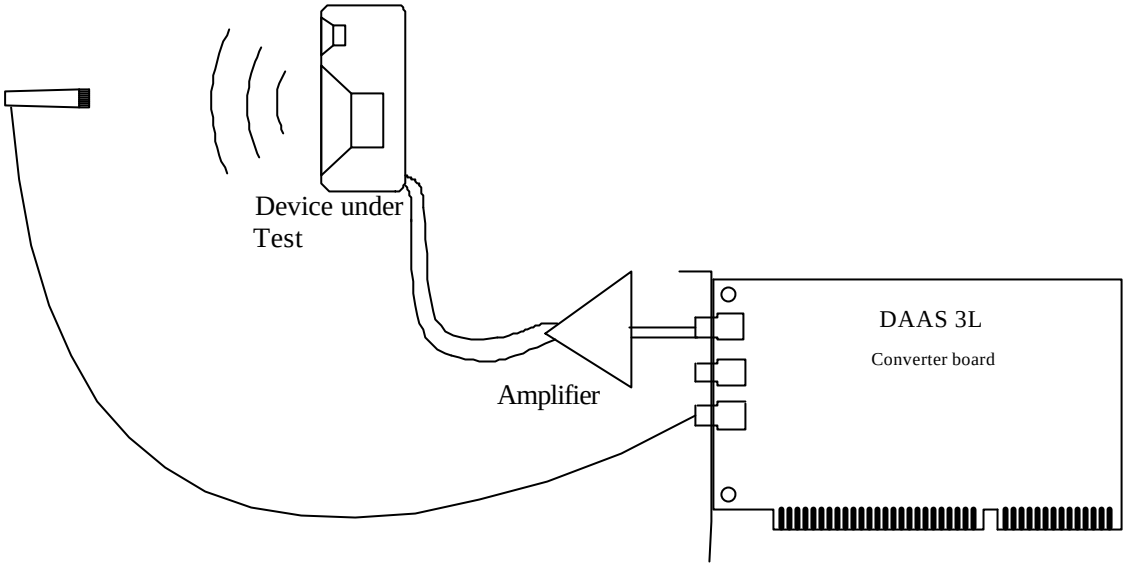
3.7.1 Frequenzgangmessung fast in Echtzeit

Zum Lieferumfang des Digitalen Audio Analyse Systems gehört eine spezielle Gruppe von Testsignalen, die mit Hilfe der vom Digitales Audio Analyse System

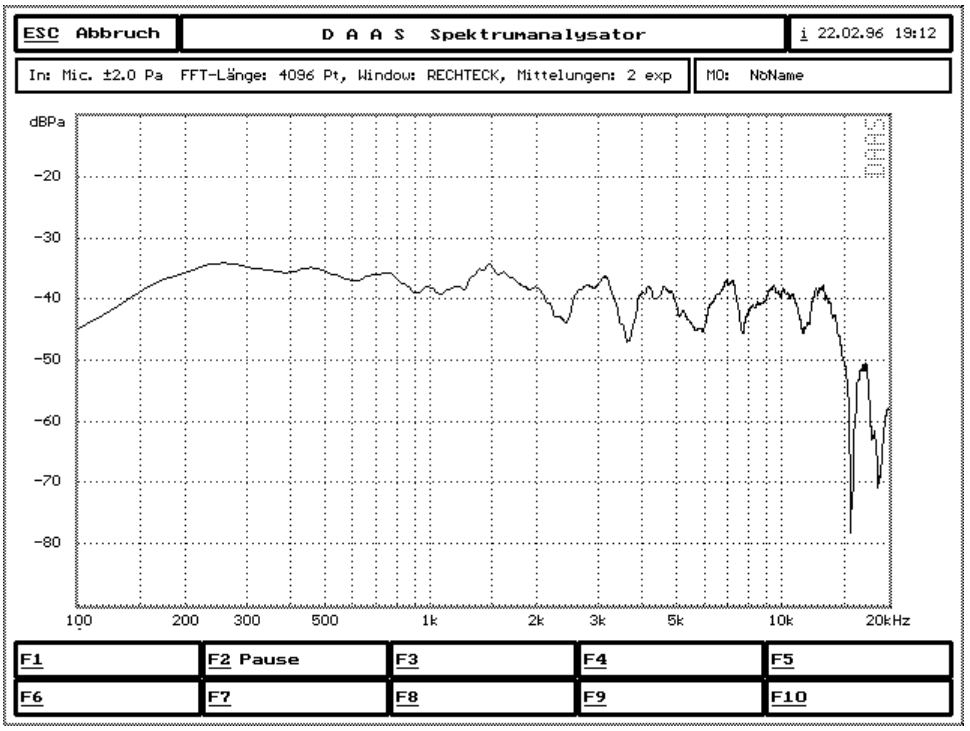
verwendeten Fast Fourier-Transformation erzeugt worden sind, und daher die Eigenschaft besitzen, exakt an die Analyse angepaßt zu sein.
Zwei dieser Signale, "WN2048.DAT" und "WN4096.DAT", eignen sich in der Betriebsart "Spektrumanalysator" zur direkten Messung von Frequenzgangkurven. Diese Frequenzgangmessung kann unabhängig von der Signallaufzeit fortlaufend (im Spektrumanalysatorbetrieb) durchgeführt werden.
Das Spektrum besteht nämlich bei Einstellung bestimmter Parameter (2048 bzw. 4096 Punkte und RECHTECK-Window) aus einer Linie, ohne die statistischen Schwankungen, die normalerweise bei Messung eines Rauschsignals auftreten (Spektralschätzung):



Durch die fortlaufende Messung ist dieses Verfahren besonders für Abgleicharbeiten z.B. an Frequenzweichen und Lautsprecherboxen geeignet.
Einen zur Messung einer Lautsprecherbox geeigneten Meßaufbau zeigt das folgende Bild.
Stellen Sie mit dem Pegelsteller des Verstärkers bzw. über [F3] = 'Ausgang' einen Lautstärkepegel ein, der deutlich über den Umgebungsgeräuschen liegt. Wählen Sie im Menü des Spektrumanalysators über [F2] den akustischen Eingang und positionieren Sie das Mikrophon.
Nach Start der Messung stellen Sie den Pegel mit dem Pegelsteller des Verstärkers so ein, daß gerade keine Übersteuerungsanzeige erscheint.



Das nun angezeigte Spektrum entspricht direkt der Frequenzgangkurve des Übertragungsglieds. Zu beachten ist, daß die angezeigte Frequenzgangkurve nur eine relative Kurve darstellt, die Absolutwerte (z.B. 2 Pa/V) sind hier nicht direkt ablesbar.

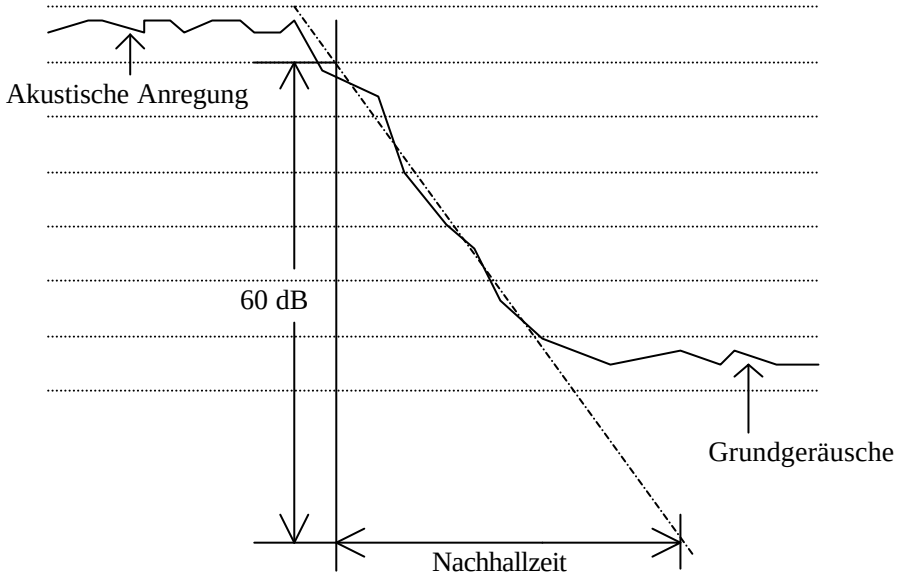


Nach Anwahl des Spektrumanalysators kann über [F4] - [F3] eine Glättung aktiviert werden ("Smooth = ja" oder "Smooth = Terz"). Jede Kurve wird dann vor der Ausgabe auf dem Bildschirm geglättet.
WICHTIG: Die Glättungsfunktion ist nur für diese Frequenzgangmessung vorgesehen, und liefert bei Analyse normaler (harmonischer) Signale u.U. falsche Ergebnisse!

Diese Frequenzgangmessung mit dem Spektrumanalysator läßt sich auch mit reduzierter Abtastrate durchführen, so daß die erhöhte Auflösung (Meßbereich 0-2 kHz) auch nutzbar ist.

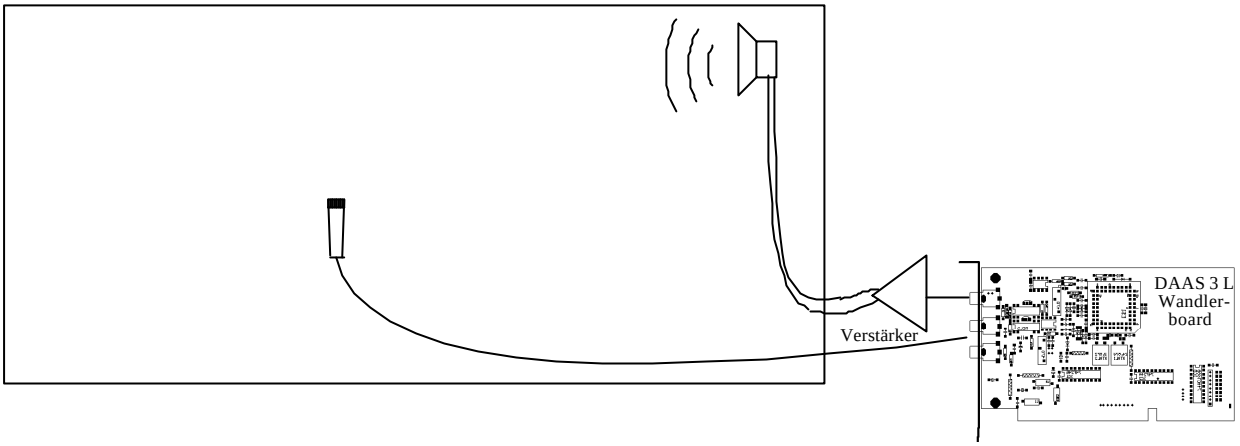
3.8 Nachhallzeit RT60

Die Kenntnis der Nachhallzeit von Räumen ist für viele akustische Anwendungen von Bedeutung, zum Beispiel zur Bestimmung der Schalleistung einer Schallquelle. In herkömmlicher Art wird die Nachhallzeit mit Hilfe eines Schallpegelschreibers bestimmt. Mittels einer Schallquelle (Pistole oder Lautsprecher) wird der Raum akustisch angeregt. Nach Abschalten der Schallquelle wird der Pegelabfall registriert.

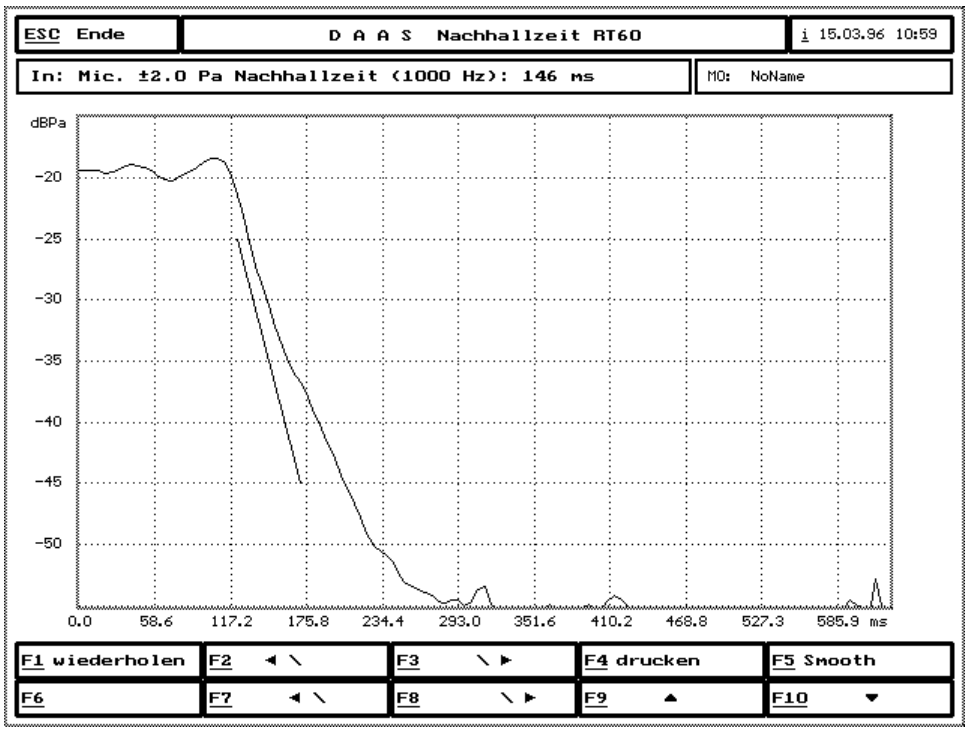


Die abfallende Pegelkurve wird durch eine Ausgleichsgerade interpoliert. Danach extrapoliert man die Gerade auf 60 dB Pegeldifferenz. Die Abklingzeit über diese 60 dB Pegeldifferenz ist die gesuchte Nachhallzeit (RT60) des Raumes.
Da die Nachhallzeit frequenzabhängig ist, muß eine Nachhallzeitmessung stets frequenzselektiv durchgeführt werden. Eine Messung mit Sinustönen ist allerdings nur sehr eingeschränkt möglich, weil Stehwelleneffekte die Meßergebnisse verfälschen. Das Digitale Audio Analyse System verwendet daher grundsätzlich Oktave-Rauschen mit wählbarer Mittenfrequenz.

Wählen Sie die Nachhallzeitmessung über [F5] im Hauptmenü an. Mit [F5] kann der Eingangspegelbereich gewählt werden (###2 Pa oder ###8 Pa), und mit [F10] der Ausgangspegel.
Positionieren Sie das Meßmikrophon und den Lautsprecher, der das Anregungssignal abgibt, nicht zu dicht beieinander. Der Abstand zwischen Lautsprecher und Meßmikrophon sollte deutlich größer als der Hallradius sein. Achten Sie auf einen guten Signal/Rausch-Abstand!

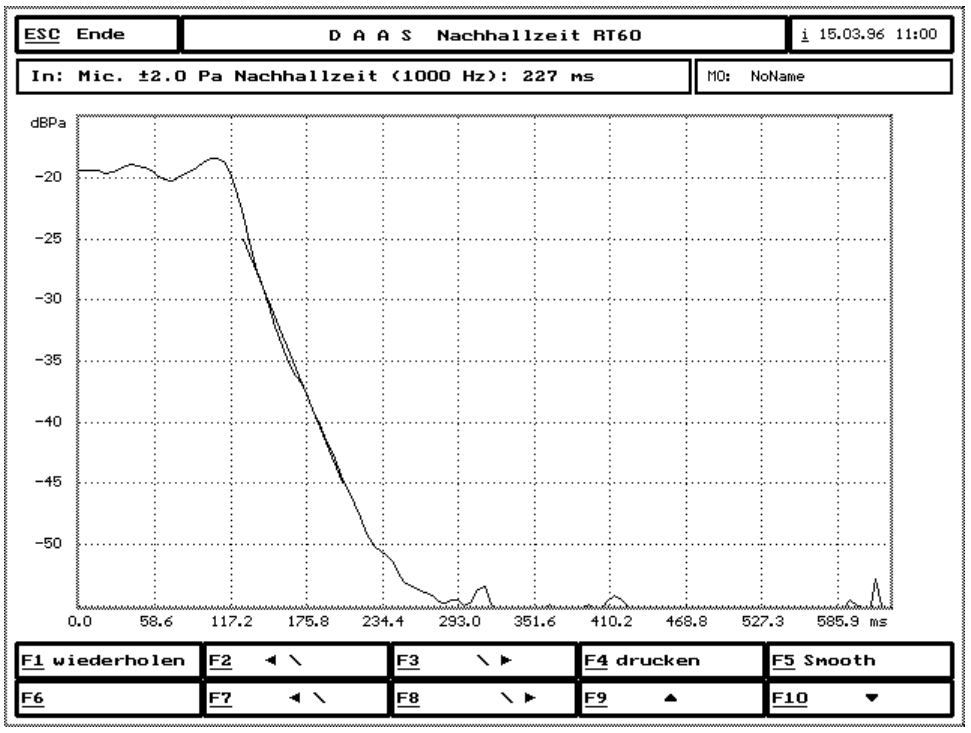


Starten Sie die Messung mit der Wahl der Meßfrequenz. Nach Ablauf der Messung erscheint auf dem Bildschirm das Pegel/Zeit-Diagramm mit der Ausgleichsgeraden:



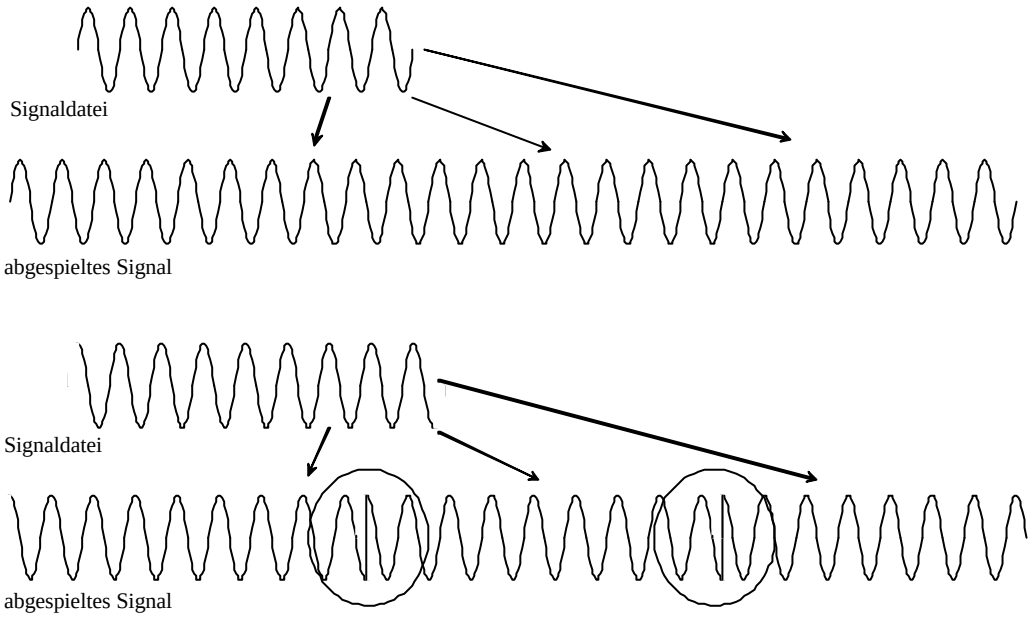
Die Ausgleichsgerade wird etwa mittig eingezeichnet, und muß nun manuell an die abfallende Flanke der Pegelkurve angepasst werden. Passen Sie Neigung und Lage der Ausgleichsgeraden durch Verschieben des oberen Teils mit [F2] / [F3] und des unteren Teils mit [F7] / [F8] an die abfallende Flanke der Pegelkurve an. Die sich hieraus ergebende Nachhallzeit wird oben in der Info-Zeile angezeigt.
Je nach Lage der Pegelkurve kann ein Verschieben derselben nach oben oder nach unten mittels [F9] bzw. [F10] sinnvoll sein.

Über [F5] kann die Kurve geglättet werden. Beachten Sie aber, daß eine Glättung die untere Meßgrenze verschlechtert, d.h. die kleinste meßbare Nachhallzeit wird vergrößert.
Eine korrekte Anpassung der Ausgleichsgeraden an die abfallende Flanke der Kurve (einmal geglättet) zeigt das folgende Bild. Die Nachhallzeit ergibt sich aus der Neigung der Ausgleichsgeraden mit 227 Millisekunden.



4 Signal Player

Über [F9], "Play Signal", im Hauptmenü kann das Digitale Audio Analyse System als Präzisionssignalgenerator verwendet werden, der nahezu beliebige Kurvenformen sowie sehr klirrarme Sinus-Signale erzeugen kann.
Der Signalplayer ("Signalfile abspielen") erlaubt das Abspielen von beliebigen Signaldateien. Als Signaldateien können die Testsignale vom DAAS 3L+ verwendet werden, aber auch beliebige andere Binärdateien. Damit ist die Möglichkeit gegeben, nahezu beliebige Kurvenformen zu erzeugen. Die gewünschte Kurvenform muß nur als Binär-Datei (INTEL-Integer-Format, Zahlenbereich -32768 bis 32767, kein Header, Dateiendung '.DAT') vorliegen. Das Abspielen kann einmalig oder repetierend erfolgen. Soll das Signal repetierend ausgegeben werden, müssen Sie darauf achten, daß sich das Ende des Signals übergangslos an den Anfang des Signals anfügen läßt, sonst sind durch die Unstetigkeiten Störgeräusche (Knacken) möglich.



Die Länge der Signaldatei darf 256 kByte nicht übersteigen. Zur Generierung können Sie eigene Software schreiben, Shareware aus dem Soundkartenbereich verwenden, oder bei adm Ihre benötigten Signale anfertigen lassen.

Der Sinusgenerator kann Sinus-Signale mit Frequenzen im Bereich 10 Hz bis 20 kHz und Klirrfaktoren unter 0.01 % erzeugen und ersetzt damit einen hochwertigen Sinusgenerator. Die Frequenzstabilität beträgt ± 0,01 %.
Die Ausgabe des Sinus-Signals und des Signalplayers im repetierenden Betrieb wird beendet durch Drücken der Taste [ESC]. Mausbedienung ist hier nicht möglich.

Der Ausgangspegel kann nach Anwahl von "Play Signal" über [F3] in 1 dB-Stufen eingestellt werden.

5 Messungen mit erhöhter Frequenzauflösung

Das Meßsystem läßt sich auch mit reduzierter Abtastrate betreiben (einzustellen unter dem Menüpunkt "Parameter", s. Kapitel 9, und in den Startmenüs der einzelnan Messungen). Sie erhalten eine um Faktor 8 höhere Auflösung im Frequenzbereich! Der nutzbare Meßbereich erweitert sich nach unten auf 10 Hz (Klirrfaktor, Spektrum) bzw. 3 Hz (Frequenz- und Impedanzgang), beschränkt sich allerdings nach oben auf 2000 Hz.
Mit Ausnahme der Intermodulationsfaktormessung lassen sich alle Analysen mit erhöhter Auflösung durchführen. Bei der Frequenzgang- und der Impedanzgangmessung ergibt sich eine maximale Auflösung von etwa 0,59 Hz!

Die Frequenzen aller Testsignale sind ebenfalls um den Faktor 8 verringert. Beispiel: Das Testsignal "1KHZ.DAT" hat mit verringerter Abtastrate 125 Hz.

Weitergehende Maßnahmen in punkto Einstellung sind nicht erforderlich, ebenso ist das dafür notwendige Anti - Aliasing Filter mit reduzierter Grenzfrequenz in Ihrem Digitales Audio Analyse System serienmäßig eingebaut.

6 Laden und Speichern von Signalen

Vor jeder Messung und nach Ausgabe des Zeitsignals auf dem Bildschirm erscheint unten in der Menüleiste (Taste [F5]) der Punkt "laden" bzw. "speichern". Hier können Signale für eine spätere Auswertung abgespeichert bzw. gespeicherte Signale zur Auswertung hochgeladen werden.
Nach Drücken von [F5] im jeweiligen Menü erscheint die Auswahlbox für den Dateinamen. Mit den Tasten [Cursor Up] und [Cursor Down] bzw. durch Anklicken mit der Maus der entsprechenden Felder der Funktionstasten [F2] und [F3] können Sie die vorhandenen Dateien "durchblättern". Angezeigt werden nur Dateien im aktuellen Ordner (Directory), die zur angewählten Messung gehören.
Haben Sie die passende Datei gefunden, drücken Sie einfach [Return] bzw. [Enter] oder betätigen [F1] mit der Maus. Das Signal wird nun geladen und steht für weitere Auswertungen bereit bzw. wird für spätere Auswertungen gespeichert.
Sie können aber auch den Dateinamen direkt eingeben. Einen Tippfehler korrigieren Sie mit der Taste [BS] bzw. [←].
Geben Sie den Dateinamen ohne die Dateiendung (.xxx) ein und drücken dann [Return] bzw. [Enter] (oder Abbruch mit [ESC]).
Es können nur Dateien geladen werden, die zu den jeweiligen Messungen gehören. Beim Speichern werden einige zusätzliche Informationen über das Signal mit abgespeichert, die beim Wiederhochladen dann ausgewertet werden: Meßart, Eingang oder Ausgang des Meßobjekts bei Frequenzgang, Impedanz und Thiele Small, elektrisch oder akustisch, Eingangspegelbereich, Abtastrate, Meßobjekthersteller und -Typ.

Ist unter Menüpunkt "Parameter" im Hauptmenü die Option "Automatisches Speichern der Referenzmessung" aktiviert, wird bei der Frequenzgangmessung, bei der Impedanzgangmessung und bei der Thiele Small Parameter Messung jedes Referenzsignal automatisch unter dem Namen "LASTREF" gespeichert. Bei Verlassen und anschließenden Neustart der jeweiligen Messung muß dann nicht unbedingt eine neue Referenzmessung durchgeführt werden. Sind Meßaufbau und Lautstärkeeinstellungen des Verstärkers unverändert, kann die letzte Referenzmessung hochgeladen und weiterverwendet werden (s. auch Kap. 9.1).

7 Bildschirmausdruck

Einen Bildschirmausdruck können Sie jederzeit mit der dafür vorgesehenen Funktionstaste [F4] auf einem 9- oder 24-Nadel-Drucker erstellen. Weiterhin sind Treiber für HP Laserdrucker, HP Deskjet oder kompatibel und für die Direktausgabe der Grafik als .PCX Datei vorhanden. Im Menü "Parameter" können Sie über die Funktionstaste [F8] zwischen den Ausgabeformaten wählen. Die PCX Bilder können Sie für Ihre Präsentationen direkt in Windows - Software weiterverarbeiten, z.B. mit Paintbrush. Ebenso ist der direkte Import in Word für Windows oder Pagemaker (DTP - Software) möglich.

Weiterhin kann ein Bildschirmausdruck auch mit Hilfe des vom MS-DOS dafür vorgesehenen Dienstprogramms "GRAPHICS.COM" erstellt werden.
Die Bedienung ist sehr einfach:
Vom DOS das Programm "GRAPHICS.COM" aufrufen, anschließend DAAS starten.
Für einen Bildschirmausdruck drücken Sie die Tasten [Shift] und [Druck] bzw. [Shift] und [PrtScr] (gleichzeitig).
Einzelheiten entnehmen Sie bitte dem MS-DOS-Handbuch.

Um Farbausdrucke auf einem Farbdrucker zu erstellen, kann die Zwischenablage von WINDOWS in Verbindung mit einem Textverarbeitungsprogramm oder Zeichenprogramm unter WINDOWS genutzt werden. Starten Sie das Digitale Audio Analyse System unter WINDOWS. Über die Tastenkombination [Alt]+[Druck] bzw. [Alt]+[PrtScr] wird der Bildschirminhalt in die Zwischenablage abgelegt. Nach Taskwechsel zum Textverarbeitungs- oder Zeichenprogramm mittels [Alt]+[TAB] kann der Bildschirm mit [Shift]+[Einfg] bzw. [Shift]+[Ins] in den Text eingefügt werden. Einzelheiten können dem WINDOWS-Handbuch entnommen werden.

8 Macrorekorder

Das Digitale Audio Analyse System verfügt über einen einfach zu bedienenden Macrorecorder. Mit dem Macrorecorder können bis zu 9 Tastendruck-Folgen beliebiger Länge aufgenommen und später wieder abgespielt werden.
Die Aufnahme einer Tastenfolge umfaßt folgende Schritte:

1. Macrorecorder starten mit [Shift]+Macronummer zw. 1 und 9 (z.B. [Shift]+ [3]). Der Start des Macrorekorders wird akustisch durch zwei kurze Töne angezeigt.
2. Durchführung der Aktionen. Alle Tastendrücke bzw. Mausklicks werden nun gespeichert.
3. Aufnahme beenden mit erneuter Betätigung von [Shift]+Macronummer (z.B. [Shift]+ [3]). Das Beenden der Aufnahme wird akustisch durch die DAAS 3L+-Ende-Tonfolge angezeigt.

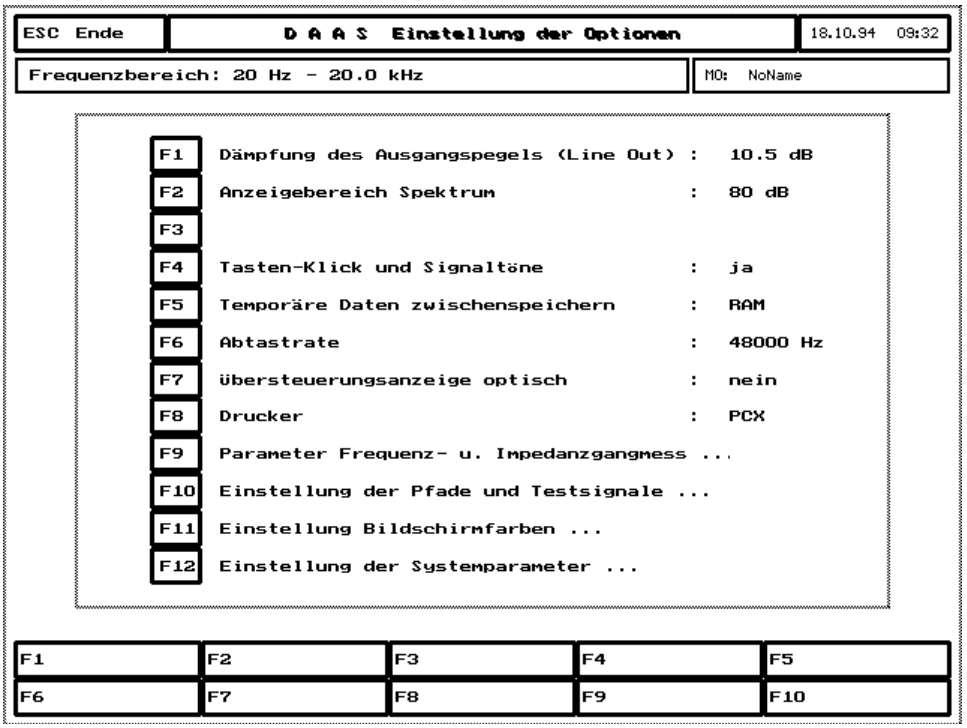
Zum Ausführen eines Macros drücken Sie [Alt]+Macronummer (z.B. [Alt]+ [3]). Die gespeicherte Tastenfolge wird sofort abgespielt.

Achtung: Der Macrorecorder speichert nur Tastendrücke bzw. Bedienungsvorgänge mit der Maus. Sie können daher ein Macro nur dort abspielen, wo Sie es auch aufgezeichnet haben. Beim Abspielen an einer anderen Stelle würden die gespeicherten Tastendrücke andere Funktionen auslösen.
Folgende Vorgänge können nicht aufgezeichnet werden:
- Beschriftungen im Signalfenster,
- Anhalten des Oszillospkopes im durchlaufenden Betrieb,
- Signalplayer abbrechen.

Alle Macros bleiben auch nach Beenden des DAAS erhalten.

9 Parameter

Hinter dem Menüpunkt "Parameter" verbirgt sich die Möglichkeit, einige Parameter des Meßsystems zu ändern. Wählen Sie das Menü durch Drücken der Taste [F10] an.


ESC Ende
D A A S Einstellung der Optionen
18.10.94 09:32
Frequenzbereich: 20 Hz - 20.0 kHz
MO: NoName
F1 Dämpfung des Ausgangspegels (Line Out) : 10.5 dB
F2 Anzeigebereich Spektrum : 80 dB
F3
F4 Tasten-Klick und Signaltöne : ja
F5 Temporäre Daten zwischenspeichern : RAM
F6 Abtastrate : 48000 Hz
F7 übersteuerungsanzeige optisch : nein
F8 Drucker : PCX
F9 Parameter Frequenz- u. Impedanzgangmess ...
F10 Einstellung der Pfade und Testsignale ...
F11 Einstellung Bildschirmfarben ...
F12 Einstellung der Systemparameter ...
F1 F2 F3 F4 F5
F6 F7 F8 F9 F10

Die verschiedenen Einstellmöglichkeiten bedeuten im Einzelnen:

[F1]
Zusätzlich zur Pegeleinstellung in den einzelnen Meßmenüs kann hier der Meßpegel an "Out" bzw. die Ausgangspegeldämpfung im Bereich 0 bis 90 dB eingestellt werden.

[F2]
Der Anzeigebereich des Spektrums bei Verzerrungsmessungen, beim Spektrumanalysator und bei Pegelmessungen kann hier auf 40 dB, 80 dB und 120 dB eingestellt werden.

[F4]
Ab- und Einschaltung der Signal- und Warntöne.

[F5]
Nutzung des Hauptspeichers für die Zwischenspeicherung von Daten. Das Digitale Audio Analyse System benötigt zusätzlich 512 kByte Speicher, wenn diese Option

auf "RAM" steht. Abschalten, wenn nicht genug Speicher verfügbar ist. Die Daten werden dann temporär auf die Festplatte geschrieben.

[F6]
Mit der Taste [F6] kann die Abtastrate des Meßsystems umgeschaltet werden. Die Voreinstellung ist 48 kHz. Mit dieser Einstellung ergibt sich bei der Frequenzgang- und Impedanzgangmessung eine Auflösung im Frequenzbereich von max. 5 Hz. Der sichtbare Bildschirmbereich umfaßt dabei einen Bereich von 20 Hz bis 20000 Hz. Um im unteren Frequenzbereich eine höhere Auflösung zu erzielen, erhalten Sie nach Betätigung der [F6] Taste eine Auflösung von 0,59 Hz bei einer Abtastfrequenz von 6 kHz. Nun erstreckt sich der nutzbare (verläßliche) Bildschirmbereich von ca. 10 Hz bis 2000 Hz. Mit der Reduzierung der Abtastrate wird auch die Frequenz aller Testsignale um den Faktor 8 verringert (s.a. Kap. 5).

[F7]
Bei Überschreitung des Eingangspegelbereichs ertönt ein Warnsignal zusammen mit einer Warnung in der Infozeile. Hier kann zusätzlich ein Blinken des Bildschirms bei Übersteuerung eingestellt werden.

[F8]
Hier wird das Ausgabegerät eingestellt:

- ❑ alle 9- und 24-Nadel-Drucker (Epson-kompatibel),
- ❑ Laserdrucker der HP-II-Serie (oder kompatibel),
- ❑ HP Deskjet oder kompatibel,
- ❑ Ausgabe in eine PCX-Bild-Datei (s/w).

[F9]
Aufruf des Untermenüs zur Einstellung der Parameter für die Frequenzgangmessung (s. 9.1).

[F10]
Aufruf des Untermenüs zur Einstellung der Testsignale und Dateipfade (s. 9.2).

[F11]
Aufruf des Untermenüs zur Einstellung der Bildschirmfarben und des Screensavers.

[F12]
Aufruf des Untermenüs zur Einstellung einiger Systemparameter (s. 9.4).

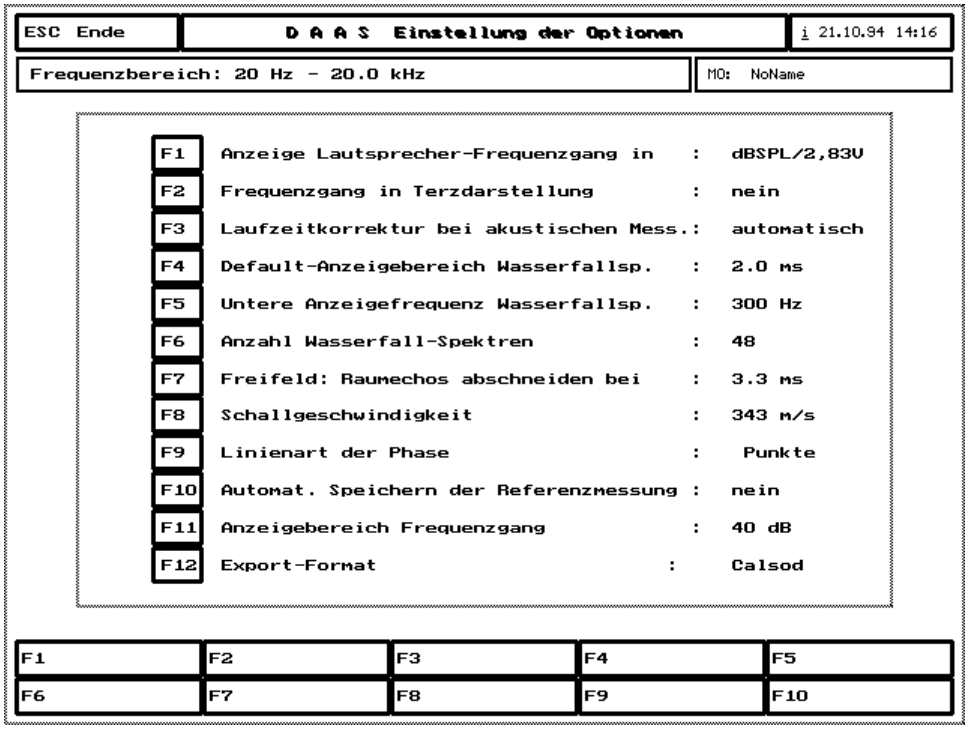
[ESC]

Mit der Taste [ESC] verlassen Sie dieses Menü (wie alle anderen auch).

Mit dem Verlassen des Digitalen Audio Analyse Systems werden die gesamten Einstellungen gespeichert.

9.1 Einstellung der Parameter für die Frequenzgangmessung

Hier können die Parameter der Frequenzgangmessung und allen damit verbundenen Funktionen eingestellt werden.



[F1]
Der Frequenzgang kann bei einer elektroakustischen Messung mit drei verschiedenen Skalierungen ausgegeben werden:

- ❑ dBPa/V (dB Pascal/Volt, 1 Pa = 10 µbar),
- ❑ dBSPL/V (dBSPL = dB relativ 20 µPa, 1 Pa = 94 dBSPL)),
- ❑ dBSPL/2,83V normiert auf die Entfernung 1 Meter.

Die Einstellung dBSPL/2,83V ist mit der automatischen Entfernungsmessung gekoppelt. Ist der Meßabstand größer als 10 cm, wird eine automatische Umrechnung in dBSPL / Watt / Meter vorgenommen, und zwar weitgehend unabhängig vom Abstand Mikrofon - Signalquelle. Das ist besonders für

Nahfeldmessungen im Bereich 15 cm bis ca. 50 cm Meßabstand interessant. WICHTIG !! Nach der Referenzsignalmessung darf der Meßpegel nicht mehr verstellt werden !
Die Einstellung dBSPL/2,83V ist zwingend erforderlich, wenn die gemessenen Frequenzgänge von Lautsprechern weiterverarbeitet werden sollen, da alle Frequenzgänge in "nachfolgenden" Lautsprecher - CAD - Programmen auf dBSPL / W /m bezogen sind.
Bei rein elektrischen Messungen wird der Frequenzgang immer in dB angezeigt.

[F2]
Anzeige des Frequenzgangs in Terzdarstellung oder als Kurve mit logarithmischer Frequenzachse.

[F3]
Laufzeitkorrektur bei akustischen Messungen automatisch oder manuell. Manuell bedeutet, daß das System die Entfernung zwischen Mikrophon und Lautsprecher abfragt und daraus eine Laufzeit errechnet. Bei Einstellung "automatisch" wird die Laufzeit bis zum Eintreffen des Signals am Mikrophon aus dem Testsignal berechnet und als Entfernung in der Infozeile angezeigt. Laufzeitkorrektur manuell ist nur dann sinnvoll, wenn die automatische Entfernungsbestimmung versagt und offensichtlich falsche Werte berechnet (z.B. tatsächlicher Abstand Lautsprecher - Mikrophon 30 cm und Anzeige 357 cm).
ACHTUNG! Bei Frequenzgangmessungen an Lautsprechern ist die angezeigte Entfernung in der Regel um einige cm größer als die gemessene Entfernung, weil die Laufzeit des Lautsprechers und die des Mikrophons mit in das Ergebnis eingehen.

[F4]
Anzeigebereich des Wasserfallspektrums (Voreinstellung, kann während der Messung verstellt werden). Mögliche Einstellungen: 1,7 bis 13,3 Millisekunden.

[F5]
Unterste angezeigte Frequenz des Wasserfallspektrums. Mögliche Einstellungen: 200 Hz bis 2000 Hz.

[F6]
Anzahl der Spektren (Linien) des Wasserfalldiagramms. Mögliche Einstellungen: 48, 60 und 72.

[F7]
Voreinstellung des Zeitpunkts, ab dem bei Berechnung des Freifeldfrequenzgangs die Impulsantwort abgeschnitten wird.
Dieser Punkt wird normalerweise während der Messung durch Suchen und Ausblenden der Reflektionen bestimmt. Die Voreinstellung liegt bei etwa 3,5 Millisekunden. Eine Änderung ist dann sinnvoll, wenn immer im gleichen Raum gemessen wird, und dieser Raum eine Reflektion an einer bestimmten Stelle der Impulsantwort aufweist, die ausgeblendet werden soll.

[F8]
Möglichkeit zur Eingabe der Schallgeschwindigkeit. Die Schallgeschwindigkeit wird für die Berechnung des Abstands zwischen Lautsprecher und Mikrophon benötigt. Der Abstand kann aber nur dann exakt berechnet werden, wenn die Schallgeschwindigkeit, die ja luftdruck-, lufttemperatur- und luftfeuchteabhängig ist, am Meßort zur Meßzeit bestimmt und hier eingegeben wird.
Die Voreinstellung beträgt 343 Meter/Sekunde. Dies ist ein Wert, der bei Zimmertemperatur und mittlerem Luftdruck allgemein angenommen wird.

[F9]
Veränderung der Linienart des Phasengangs zur besseren Unterscheidung zwischen Frequenz- und Phasengang auf Monochrom-Monitoren und Ausdrucken.

[F10]
Automatisches Speichern der letzten Referenzmessung. Ist diese Option aktiviert, wird bei der Frequenzgangmessung, bei der Impedanzgangmessung und bei der Thiele Small Parameter Messung jede Referenzmessung automatisch unter dem Namen "LASTREF" abgespeichert. Wird die jeweilige Messung aus irgendeinem Grund (z.B. Veränderung einer Einstellung im Menü "Parameter") verlassen, muß keine neue Referenzmessung (mit den entsprechenden Verkabelungen) durchgeführt werden. Das Referenzsignal kann einfach geladen und weiterverwendet werden (unter der Voraussetzung, daß der Meßaufbau und die Lautstärkeeinstellungen des Verstärkers nicht verändert wurden).

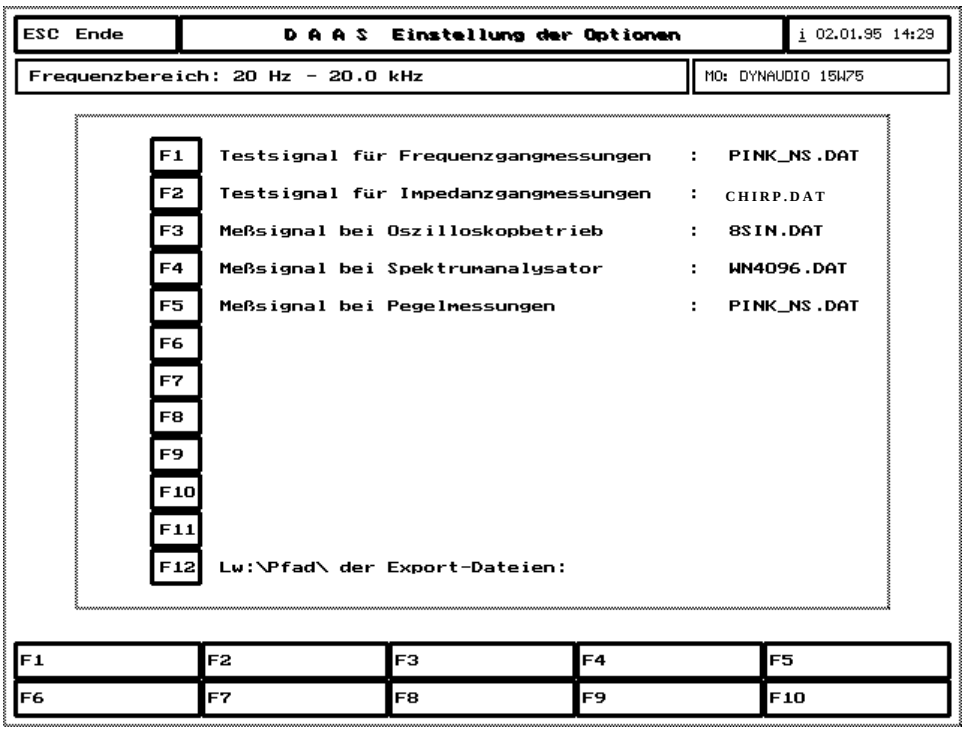
[F11]
Der Anzeigebereich bei der Frequenzgangmessung kann hier im Bereich 16 bis 80 dB (2 dB/DIV. bis 10 dB/DIV.) eingestellt werden.

[F12]
Hier wird das Datenformat für den Export eingestellt. Implementiert sind standardmäßig die Formate CALSOD, AudioCAD (beides Lautsprecher-CAD-Systeme) und AkAbak. Alle Formate sind mit jedem Texteditor lesbar.

CALSOD:	Frequenzgang mit Datei-Erweiterung ".SPL", Impedanzgang mit Datei-Erweiterung ".IMP".
AudioCAD:	Frequenzgang mit Datei-Erweiterung ".AMP", Frequenzgang-Phase mit Datei-Erweiterung ".PHA", Impedanzgang mit Datei-Erweiterung ".IMP", Impedanzgang-Phase mit Datei-Erweiterung ".PHE",
AkAbak:	Frequenzgang mit Datei-Erweiterung ".AKD", Impedanzgang mit Datei-Erweiterung ".IMP".

9.2 Einstellung der Testsignale und Dateipfade

Durch die Verwendung von Digital/Analog-Konvertern zur Signalausgabe können beliebige Testsignale generiert und angewendet werden. Die für die einzelnen Messungen verwendeten Testsignale können im folgendem Menü eingestellt werden:



Für Frequenzgangmessungen ist Rosa Rauschen voreingestellt. Alternativ können die Signale "WHITE_NS.DAT" (Weißes Rauschen) oder "MLS.DAT" (eine

Maximum Length Sequence) eingestellt werden. Beide haben die Eigenart, daß die Leistungsdichte über der Frequenz konstant ist, d.h. daß bei 500 Herz die gleiche Leistungsdichte vorhanden ist wie bei 15 kHz. Rosa Rauschen dagegen hat im unteren Frequenzbereich eine viel größere und dafür im oberen Frequenzbereich eine geringere Leistungsdichte. Da akustische Störpegel etwa die gleiche Verteilung haben, d.h. überwiegend niederfrequente Störungen auftreten, kann für akustische Messungen Rosa Rauschen empfohlen werden. Die Maximum Length Sequence ist dann interessant, wenn sich im oberen Frequenzbereich Störungen bemerkbar machen.
Ein weiteres interessantes Signal für die Frequenzgangmessung ist ein Gleitsinus: "PNCHIRP.DAT". Das Signal besteht aus einem Gleitsinus, der bei 10 Hz beginnt und bei 20 kHz endet. Zu Beginn ist ein kurzes Rosa Rauschen-Segment zur Laufzeit- und Entfernungsbestimmung eingefügt. Bei Aktivierung dieses Signals für die Frequenzgangmessung werden automatisch einige wichtige Systemparameter an die spezielle Struktur dieses Signals angepasst. Die Einstellungen für die Frequenzgangmessung in den Systemparametern ist dann nicht mehr gültig.

Für Impedanzgangmessungen ist der Gleitsinus "CHIRP.DAT" voreingestellt. Der Gleitsinus stellt eine konstante Aussteuerung des Meßobjekts während der gesamten Messung sicher. Dies ist insbesondere bei Messungen an Lautsprechern wichtig, da sich mit der Veränderung der Membranauslenkung die Impedanz zu ändern scheint. Bei Messung linearer Meßobjekte ist dagegen keine Abhängigkeit vom Testsignal zu erwarten. Stellen Sie in diesem Fall Rosa Rauschen "PINK_NS.DAT" oder "WHITE_NS.DAT" ein.

In Verbindung mit dem Spektrumanalysator sind zwei Signale besonders interessant: "WN2048.DAT" und "WN4096.DAT". Mit diesen beiden Signalen können Frequenzgänge nahezu in Echtzeit mit dem Spektrumanalysator gemessen werden (s. hierzu Kapitel 3.7.1).
Verwenden Sie die Signale "WN2048.DAT" und "WN4096.DAT" **nicht** für Frequenzgang- und Impedanzgangmessungen!

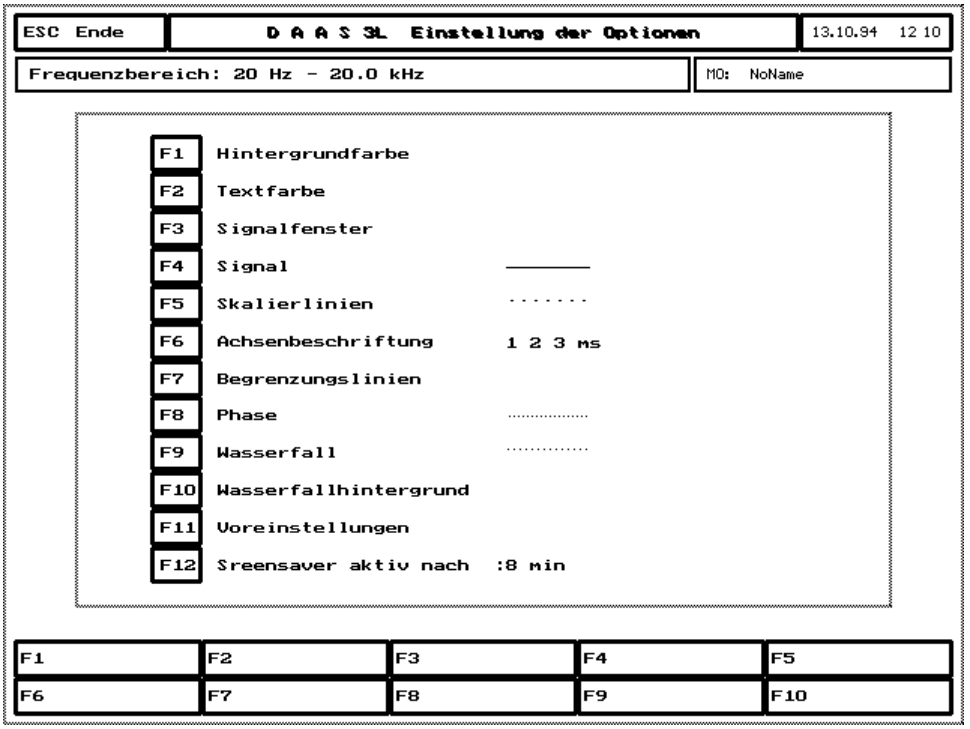
Sollen mit der Pegelmessung definierte Meßpegel für die Frequenzgangmessung eingestellt werden, muß hier das gleiche Testsignal wie bei der Frequenzgangmessung eingestellt werden (s. Kapitel "Frequenzgangmessung").

Wollen Sie für eine Messung (z.B. Oszilloskop) kein Testsignal verwenden, drücken Sie die entsprechende Funktionstaste (hier: [F2]) und anschließend die [ESC]-Taste.

Die Einstellungen des Dateipfades (Tasten [F12]) ist nur dann von Bedeutung, wenn Sie gemessene Lautsprecherdaten zur Weiterverarbeitung in CAD-Programmen exportieren wollen.
Drücken Sie zur Einstellung eines Export-Dateien-Pfades die entsprechende Taste und tragen den kompletten Pfadnamen einschließlich Laufwerk ein.

9.3 Einstellung der Bildschirmfarben

Hier können die Farben zur Darstellung der Signale, Menüs, Skalierungen usw. verändert werden. Die Veränderung wird sofort nach Drücken einer Funktionstaste oder Betätigung mit der Maus sichtbar.
Über die Funktionstaste [F11] sind drei Voreinstellungen (Grundeinstellungen) anwählbar, von denen eine sich gut für VGA/EGA monochrom eignet (Laptop mit LCD- oder Plasma-Bildschirm).
Zusätzlich kann hier die Wartezeit für den Screensaver (Dunkeltastung des Bildschirms nach der eingestellten Zeit, um ein vorzeitiges Verbrauchen der Bildschirmkathoden zu verhindern) eingestellt werden.



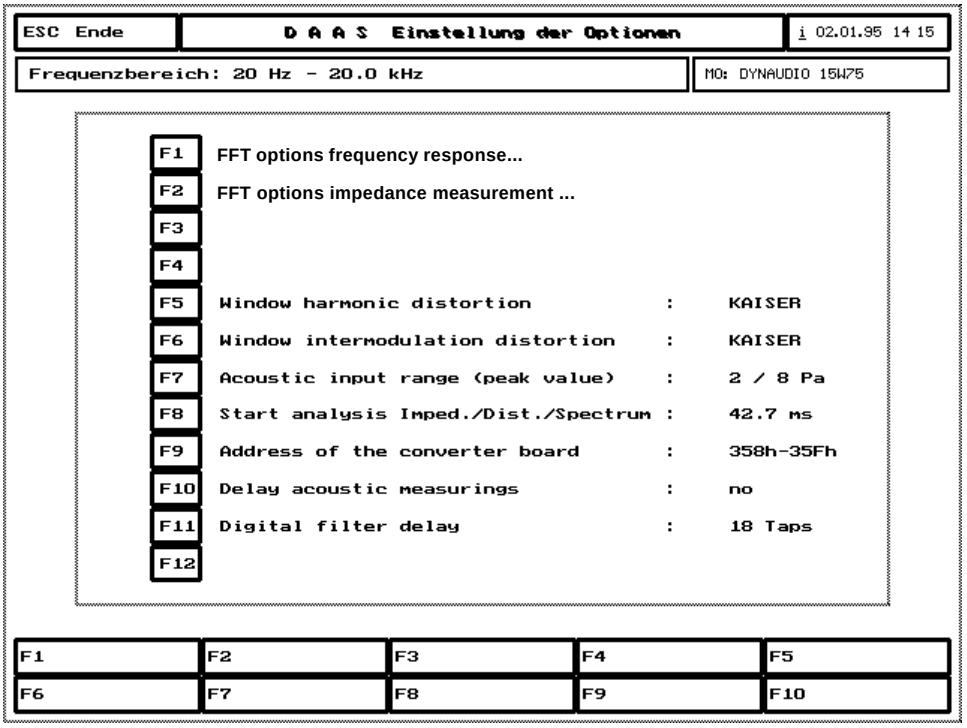
Sie haben 63 Farben zur Verfügung (natürlich nur auf einem Color-Monitor, bei Monochrom und VGA/EGA Graustufen, sonst schwarz/weiß), wobei sich einige Farben kaum unterscheiden und daher scheinbar doppelt vorhanden sind.

9.4 Einstellung der Systemparameter

ACHTUNG!!

Die Systemeinstellungen beeinflussen die Auswertealgorithmen des Meßsystems! Eine unsachgemäße Änderung kann die Arbeitsweise des Systems negativ verändern (höhere Rechenzeit, falsche Ergebnisse, größere Fehler, Absturz des Systems) !

Alle System - Einstellungen wurden bei der Herstellung des Systems optimal eingestellt und sollten nur für spezielle Anwendungsfälle sowie nur dann vorgenommen werden, wenn Sie mit der Materie der digitalen Signalverarbeitung vertraut sind !


ESC Ende
D A A S Einstellung der Optionen
i 02.01.95 14 15
Frequenzbereich: 20 Hz - 20.0 kHz
MO: DYNAUDIO 15W75
F1 FFT options frequency response...
F2 FFT options impedance measurement ...
F3
F4
F5 Window harmonic distortion : KAISER
F6 Window intermodulation distortion : KAISER
F7 Acoustic input range (peak value) : 2 / 8 Pa
F8 Start analysis Imped./Dist./Spectrum : 42.7 ms
F9 Address of the converter board : 358h-35Fh
F10 Delay acoustic measurings : no
F11 Digital filter delay : 18 Taps
F12
F1 F2 F3 F4 F5
F6 F7 F8 F9 F10

Die Menüpunkte bedeuten im Einzelnen:

[F1]
FFT-Parameter für die Frequenzgangmessung.
1. Window, Default: Hann, sinnvolle Alternative: Rechteck.
2. RMS-Mittelungen, Default: 4, mögliche Einstellungen: 1 bis 16.
3. Überlappung der Signale bei RMS-Mittelung, Default: 30 %, mögliche Einstellungen: 0 bis 60%.

Ist das Testsignal "PNCHIRP.DAT" eingestellt, sind diese Parameter fest voreingestellt und nicht änderbar.

[F2]
FFT-Parameter für die Impedanzgangmessung.
Diese Parameter sind bei Beibehaltung der Voreinstellung des Testsignals "CHIRP.DAT" nicht änderbar. Wird ein anderes Testsignal eingestellt (z.B. "PINK_NS.DAT"), sind folgende Parametereinstellungen zugänglich:
1. Window, Default: Hann, sinnvolle Alternative: Rechteck.
2. RMS-Mittelungen, Default: 4, mögliche Einstellungen: 1 bis 16.
3. Überlappung der Signale bei RMS-Mittelung, Default: 30 %, mögliche Einstellungen: 0 bis 60%.

[F5]
Window für die Klirrfaktormessung. Default: RECHTECK. Alternativen: HANN, KAISER, FLAT TOP. Hier sind alle Fenster verwendbar, weil ein Amplitudenfehler wegen Ausnutzung des "Picket Fence" - Effekts nicht auftreten kann.

[F6]
Window für die Intermodulationsfaktormessung. Default: RECHTECK. Alternativen: HANN, KAISER, FLAT TOP. Hier sind alle Fenster verwendbar, weil ein Amplitudenfehler wegen Ausnutzung des "Picket Fence" - Effekts nicht auftreten kann.

[F7]
Einstellung der Mikrophonempfindlichkeit.
Voreinstellung: zwei Bereiche ±2 Pa und ±8 Pa.
Mögliche Einstellungen: ±1 Pa und ±4 Pa, ±2 Pa und ±8 Pa, ±4 Pa und ±16 Pa.
WICHTIG! Sollte diese Einstellung verändert werden, muß das Mikrophon neu kalibriert und der Mikrophonvorverstärker eingestellt werden (s. Kap. 9.5).

[F8]
Wartezeit zwischen Testsignalstart und Start der Analyse bei allen Verzerrungsmessungen und beim Spektrumanalysator. Grundeinstellung: 2048 Punkte entsprechend etwa 43 Millisekunden. Wird der Wert reduziert, beeinflussen u.U. Einschwingvorgänge das Meßergebnis.

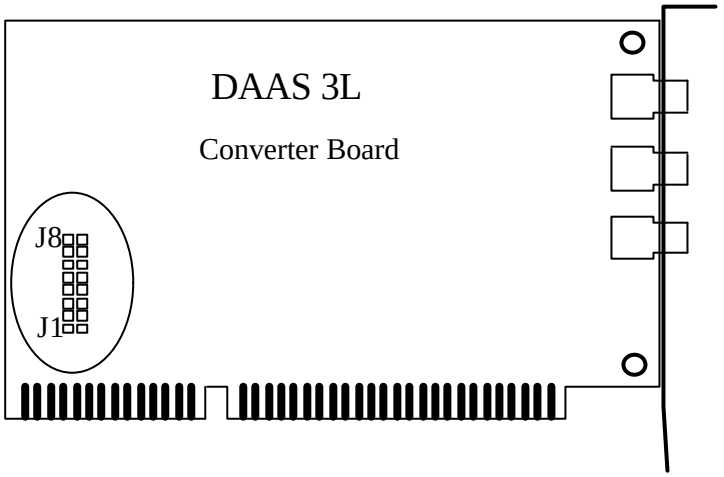
[F9]

Adressbereich des ADC/DAC-Boards. Die DAAS -PC-Karte belegt normalerweise (Werkseinstellung) die Adressen 358h-35Fh. Sollte sich ein Adresskonflikt mit einer anderen Karte ergeben, kann der Adressbereich der DAAS-PC-Karte verschoben werden. Hierfür müssen sowohl die Steckbrücken auf dem Board umgesteckt werden wie auch hier die neue Adresse ausgewählt werden. Sollte die Lage der Steckbrücken nicht mit den Einstellungen hier übereinstimmen, ist bei Start einer Messung ein völliger Systemabsturz sicher.
Es sind folgende Adressbereiche möglich:

- ❑ 2D8h - 2DFh, Jumperstellung: J1 . . J8 = 0 0 1 1 0 0 1 0
- ❑ 320h - 327h, Jumperstellung: J1 . . J8 = 1 1 0 0 0 1 1 1
- ❑ 350h - 357h, Jumperstellung: J1 . . J8 = 1 0 0 1 0 0 1 1
- ❑ 358h - 35Fh, Jumperstellung: J1 . . J8 = 1 0 0 1 0 0 1 0

"1" bedeutet: Brücke gesteckt, "0" dann entsprechend: Brücke nicht gesteckt.

Lage der Steckbrücken:



[F10] Delay bei akustischen Messungen. Einstellung ist hardwareabhängig. Nicht ändern!

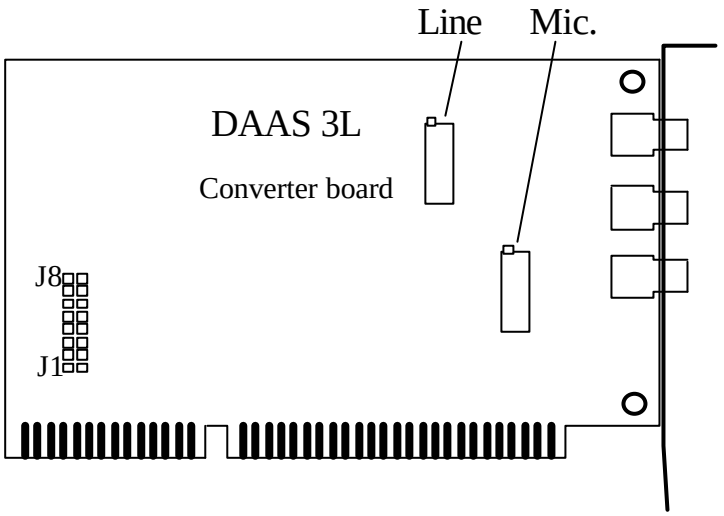
[F11] Delay des Wandlers. Einstellung ist hardwareabhängig. Bei Wandler "CS4248KL": 18 Taps, "AD1848KP": 52 Taps

9.5 Kalibrierung

Die Eingänge der Wandlerkarte sollten regelmäßig kalibriert werden. Insbesondere das Meßmikrophon sollte nach ev. mechanischer Belastung (Fall, Feuchtigkeit o.ä.) überprüft werden.
Verwenden Sie für das Mikrophon einen Kalibrator, der einen definierten Schallpegel (z.B. 94 dBSPL entsprechend 1 Pa_{eff}) erzeugt. Führen Sie eine Pegelmessung durch (s. Menüpunkt "Pegel" im Hauptmenü), und vergleichen Sie den angezeigten Pegel mit dem Sollpegel = Schalldruck des Kalibrators. Wird eine Abweichung festgestellt, muß der Mikrophonvorverstärker nachgestellt werden.

Die elektrischen Eingänge sollten ebenfalls überprüft werden. Verwenden Sie hierfür eine Eichspannungsquelle mit einer Frequenz zwischen 500 Hz und 2 kHz.
Führen Sie auch hier eine Pegelmessung durch (Menüpunkt "Pegel" im Hauptmenü), und vergleichen Sie den angezeigten Pegel mit dem Sollpegel = Effektivspannung des Spannungsnormals. Wird eine Abweichung festgestellt, muß der entsprechende Meßverstärker nachgestellt werden.

Sollte eine Justierung eines Eingangs erforderlich sein, müssen Sie hierfür das PC-Gehäuse öffnen. Die Lage der Einstellpunkte auf der Wandlerkarte zeigt folgendes Bild:



10 Technische Daten DAAS 3L+

10.1 ADC-/DAC-Wandlerkarte

Funktion: PC-Bus-Karte mit einem quarzgesteuerten 16 Bit-2 Kanal-Analog/Digital-Konverter- und Digital/Analog-Konverter sowie Ein- und Ausgangsverstärker

Eingänge: elektrisch (Line).: ±0.20V, ±2.0V und ±20V, über Software schaltbar, Eingangsimpedanz 100 kOhm; Mikrophoneingang: 100 mV, Phantomspeisung 8 V, Arbeitswiderstand 8,2 kOhm, Eingangsempfindlichkeit über das Meßmikrophon: ±2 Pa und ±8 Pa, über Software schaltbar, Überspannungsfestigkeit (bei Verwendung eines nicht von adm gelieferten Mikrophons): 2Vss

Ausgänge: Signalausgang mit <10 Ohm Innenwiderstand, minimale Last: 600 Ohm, Ausgangspegel: bis 6 Vs, per Software in 1 dB-Stufen bis 90 dB bedämpfbar

Abtastrate: 64kHz, 48 kHz und 6 kHz, per Software änderbar, quarzgesteuert

Auflösung: A/D-Konverter: 16 Bit,
D/A-Konverter: 16 Bit

Adressbereich: 358 Hex bis 35F Hex, änderbar

Anschlüsse : Cinch für 'Line', 'Out' und 'Mic.'

Temperaturen: Betriebswerte: +17° bis + 35° C Umgebungstemperatur, keine Kondensation zulässig, Luftfeuchte: 10% bis 75%.
Lagerwerte: 0° bis + 50° C, keine Kondensation zulässig.

Aufwärmzeit: typ. 15 Minuten bis zur spezifizierten Genauigkeit.

10.2 Software DAAS 3L+

Funktionsart: FFT-Analyzer, FFT- und VFR-Routinen in 32 Bit Technik (386-er)

FFT-Länge: 512 - 4096 Punkte

Rechenzeit: FFT 4096 Punkte: 0,35 Sekunden,
FFT 1024 Punkte: 0,08 Sekunden,
gemessen auf 386/33, mit HANN-Window.

Auflösung: Frequenzgang und Impedanzmessung: bis 0,59 Hz über VFR-Verfahren und reduzierter Abtastrate;
Spektrumanalysator: 1,46 Hz bei reduzierter Abtastrate

Bewertungs-Windows: RECHTECK (UNIFORM),
HANN (oder HANNING),
BLACKMAN,
KAISER (B=10,056),
FLAT TOP

Overlap: 0 % bis 60 %

Analysen: Frequenzgang über Kreuzleistungsspektrum nach Betrag und Phase,
Laufzeitberechnung über Kreuzkorrelationsfunktion,
Impedanz über Kreuzleistungsspektrum nach Betrag und Phase,
harmonische Analyse (Klirrfaktor),
Intermodulationsfaktor,
Transiente Intermodulationsverzerrungen,
Pegelmessung in Terzauflösung, linear und A-bewertet,
Thiele Small Parameter,
Äquivalentes Luftvolumen (VAS),
Induktivitäten und Kapazitäten,
Speicheroszilloskop, max. 32768 Abtastpunkte,
Spektrumanalysator, 512-4096 Punkte, alle vier o.a. Windows,
Nachhallzeit RT60.

Signale: Testsignale können jederzeit selbst generiert oder auf Wunsch angefertigt werden.
Mitgeliefert werden folgende Signale:
Rosa Rauschen (PINK_NS.DAT),

Weißes Rauschen (WHITE_NS.DAT)
Gleitsinus 10 Hz bis 20 kHz (CHIRP.DAT)
Gleitsinus 10 Hz bis 20 kHz (PNCHIRP.DAT)
und MLS (MLS.DAT) für Frequenzgang- und Impedanzgangmessungen,
spezielle PN-Sequenzen zur Messung von Frequenzgängen mit dem Spektrumanalysator (WN2048.DAT und WN4096.DAT),
Die Testsignale für Klirrfaktor und Intermodulationsfaktor werden je nach angewählter Frequenz automatisch erzeugt.

Signalformat: 16 Bit linear kodiert, Zahlenbereich ±32767, INTEL-Format (Low Byte zuerst)

Darstellung: Zeitsignal (s(t)),
Spektrum nach Betrag und Phase, (teilweise gemittelt, geglättet),
3-D-Wasserfall,
Terz

Grafik:
SVGA: 1024x768 Punkte, Farben frei wählbar
SVGA: 800x600 Punkte, Farben frei wählbar
VGA: 640x480 Punkte, Farben frei wählbar
EGA: 640x350 Punkte, Farben frei wählbar

11 Systemvoraussetzungen

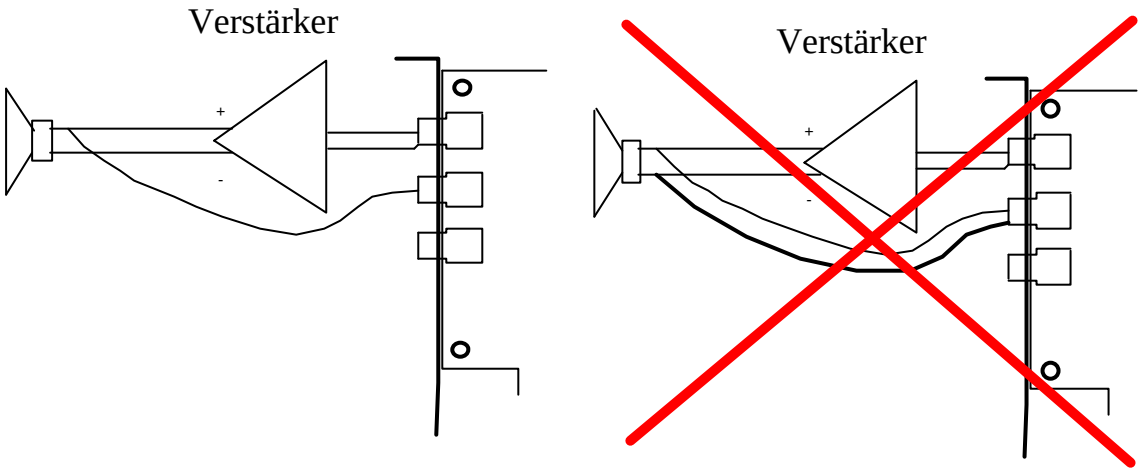
- IBM-AT 486/586 oder kompatibel (nicht IBM PC/XT, IBM PC/AT 286, 386 oder kompatibel),
- Farbgrafik EGA / VGA (oder monochromen Grafikadapter, Hercules Monochrom auf Anfrage)
- Betriebssystem PC/MS-DOS ab Version 5, DPMI
- Betrieb auch unter Windows 3.X, Windows 95
- Microsoft - Maus oder Kompatible (nicht zwingend erforderlich, aber arbeitserleichternd),
- 1 Festplattenlaufwerk, 1 Diskettenlaufwerk,
- 4 MByte freien Hauptspeicher
- 8 MByte freien Festplattenspeicher,

12 Wichtige Schutzvorkehrungen und Betriebshinweise

- Zwischen den Buchsen der Wandlerkarte dürfen an ihren gemeinsamen Potentialen (Außenleiter der Cinch-Buchsen) durch Anlegen von Prüflingen oder sonstigen Verschaltungen keine Spannungsdifferenzen auftreten!

- An der Buchse "Out" (Symbol "O" oder "←O") der Wandlerkarte darf keine Spannung jeglicher Art angelegt werden!

- Bei Verwendung eines normalen HiFi-Verstärkers als Meßverstärker verbinden Sie auf keinen Fall die Masse am Verstärkerausgang nicht mit der Masse am Verstärkereingang! Nutzen Sie als Massepotential nur die Masse am Verstärkereingang.
  Ein Verbinden der Masse am Verstärkereingang mit der Masse am Verstärkerausgang kann bei einigen Verstärkern durch ungünstige verstärkerinterne Masseführung hochfrequente Schwingungen mit hoher Amplitude verursachen!



- Bei Verwendung von HiFi-Geräten als Meßverstärker oder Meßobjekt schalten Sie bitte zur Herstellung einer Verbindung zwischen HiFi-Gerät und Wandlerkarte alle beteiligten Geräte aus, weil durch unterschiedliche Erdungsverfahren Potentialunteschiede zur Beschädigung der Anlage führen können.

- Verwenden Sie als Meßverstärker niemals einen Verstärker mit Brückenendstufe!

- Achten Sie unbedingt auf ev. auftretende statische Spannungen zwischen Prüfling, PC und System! Statische Spannungen führen zu Fehlfunktionen und können eine Zerstörung des Systems verursachen!

- Die Steckkontakte der Wandlerkarte sollten bei häufigem Gebrauch (häufiges Trennen und Wiederherstellen der Verbindung) gelegentlich mit einem guten Kontaktöl gereinigt werden. Benetzen Sie hierfür mit einem mit Kontaktöl getränkten Watte- oder Leder-Stäbchen die Stifte der Stecker. **Verwenden Sie niemals säurehaltige Mittel (Sprühdosen)**, sondern stets ein **säurefreies** Kontaktöl (z.B. Wähleröl)!

- Nach längerem Gebrauch bzw. bei Auftreten von Fehlfunktionen sollte die Wandlerkarte auf Verschmutzung durch Staub (Lüfter!) o.ä. überprüft werden. Sollte die Karte verschmutzt sein, kann sie in einer Seifenlösung oder mit einem Geschirrspülmittel (nicht: Mittel für Geschirrspüler!) mittels eines Pinsels gereinigt werden. Anschließend muß die Karte mit warmen Wasser (zw. 40 ^{0}C und 50 ^{0}C) gründlich abgespült werden. Um Rückstände auf der Leiterplatte zu vermeiden (Kalk), müssen Wassertropfen auf der Leiterplatte mit Druckluft vollständig entfernt werden. **Verwenden Sie zur Reinigung niemals ein trockenes Tuch! Die entstehende statische Aufladung könnte alle Halbleiter zerstören!**

- Probleme mit SCSI-2-Adaptern o.ä. Hardware: Die DAAS®-PC-Karte belegt im Auslieferungszustand die I/O Adressen 358 Hex bis 35F Hex. Interrupts und DMA Kanäle werden nicht belegt. Die Adressen können per Software und per Steckbrücken auf der DAAS®-PC-Karte geändert werden (s. Kap. Einstellung der Systemparameter).

Änderungen vorbehalten
© Enigma, adm 1990,98